



Dipartimento
Ingegneria Civile, Ambientale e dei
Materiali. DICAM

GLI AGGREGATI

GLI AGGREGATI

DEFINIZIONE

Aggregato: componente costituito da elementi lapidei naturali o artificiali, aventi forma e dimensioni consone al confezionamento del calcestruzzo.

L'aggregato rappresenta il 60-80 % del volume complessivo del calcestruzzo.

In passato l'**aggregato** era definito **Inerte**.

Questa terminologia è stata abbandonata dato che si è verificato che spesso l'aggregato partecipa ai fenomeni d'indurimento del calcestruzzo.

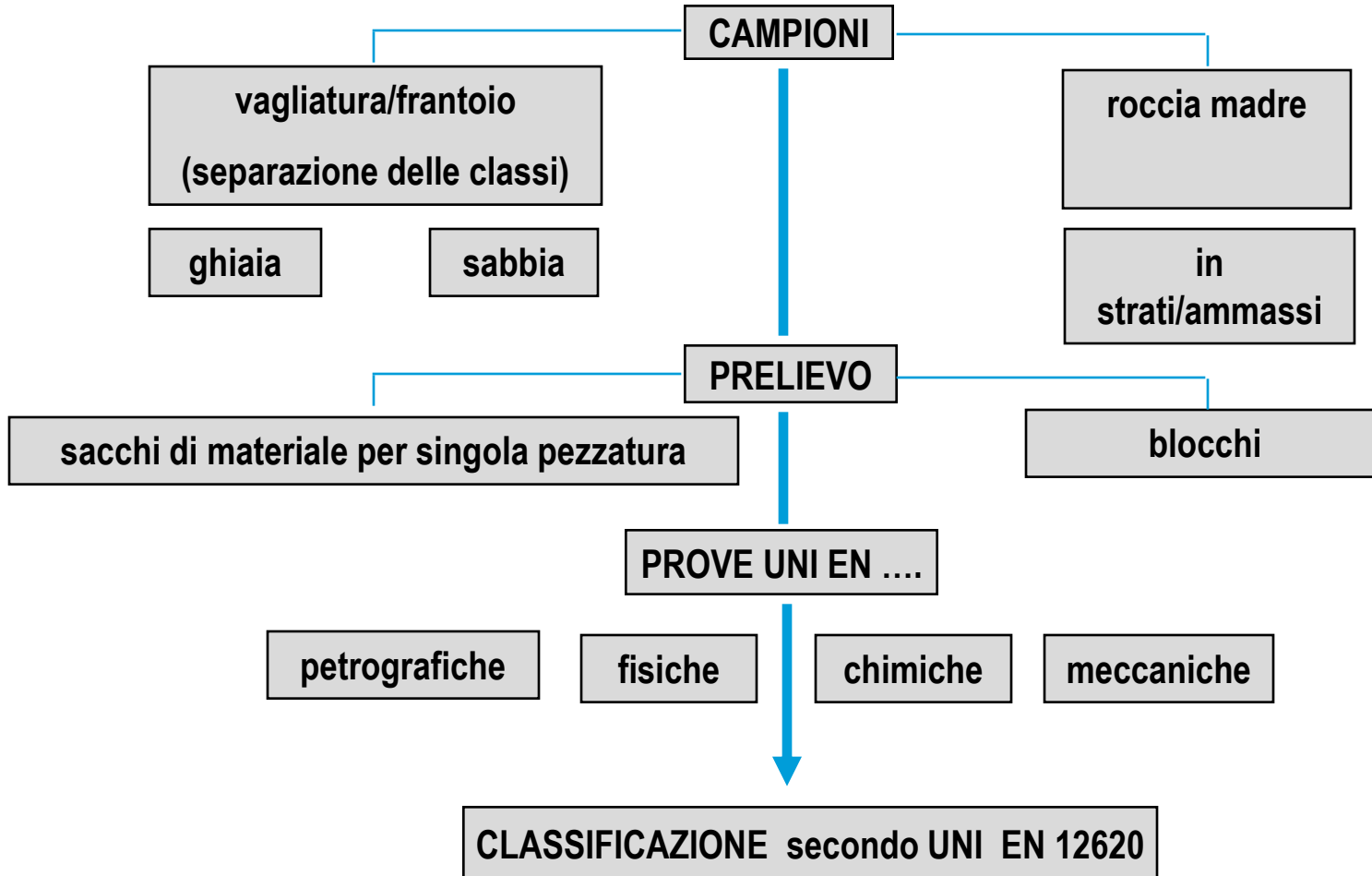
GLI AGGREGATI

A COSA SERVONO:

- Costituiscono lo scheletro del calcestruzzo: i granuli devono essere distribuiti secondo una scala granulometrica che garantisca una massa compatta
- Contribuiscono in modo essenziale alle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo
- Avendo un elevato modulo elastico, si oppongono al ritiro della pasta cementizia
- La riduzione del tenore di cemento determina: minor calore di idratazione e minor costo del conglomerato



Processo di classificazione



UNI EN 206

Calcestruzzo

Specificazione, prestazione, produzione e conformità

Figura 1 Relazioni tra la EN 206 e le norme per la progettazione e l'esecuzione, le norme per i costituenti e le norme di

Norme Tecniche per le Costruzioni

EN 1990 (Eurocodice)

Criteri generali di progettazione strutturale

EN 13670

Esecuzione

EN 1992 (Eurocodice 2)

Progettazione delle strutture in calcestruzzo

EN 13670

Calcestruzzo prefabbricato

EN 206

EN 197

Cemento

EN 1008

Acqua d'impasto

EN 12620

Aggregati per calcestruzzo

EN 450

Ceneri volanti per calcestruzzo

EN 13263

Fumi di silice per calcestruzzo

EN 15167

Loppa d'altoforno granulata macinata per calcestruzzo

EN 13055

Aggregati leggeri

EN 934-1 e EN 934-2

Additivi per calcestruzzo

EN 14889

Fibre per calcestruzzo

EN 12878

Pigmenti

EN 12350

Prove su calcestruzzo fresco

EN 12390

Prove su calcestruzzo indurito

EN 13791

Valutazione della resistenza del calcestruzzo nelle strutture

EN 12504

Prove sul calcestruzzo nelle strutture

Materie
Prime

Prestazioni del
prodotto

Prestazioni del
prodotto in
opera

Riferimenti Normativi

UNI EN 12620 **Aggregati per calcestruzzo**

DAN

Aggregati per calcestruzzo

Istruzioni complementari per l'applicazione della
EN 12620

UNI 8520-1

Parte 1: Designazione e criteri di conformità

SETTEMBRE 2005

Aggregati per calcestruzzo

Istruzioni complementari per l'applicazione della
EN 12620

UNI 8520-2

Requisiti

SETTEMBRE 2005

GLI AGGREGATI

Classificazione degli aggregati in funzione del campo d'utilizzo.

Aggregati per
calcestruzzo



UNI EN 12620

Aggregati per calcestruzzo

Aggregati per
malte



UNI EN 13139

Aggregati per malta

Aggregati per
conglomerati
bituminosi



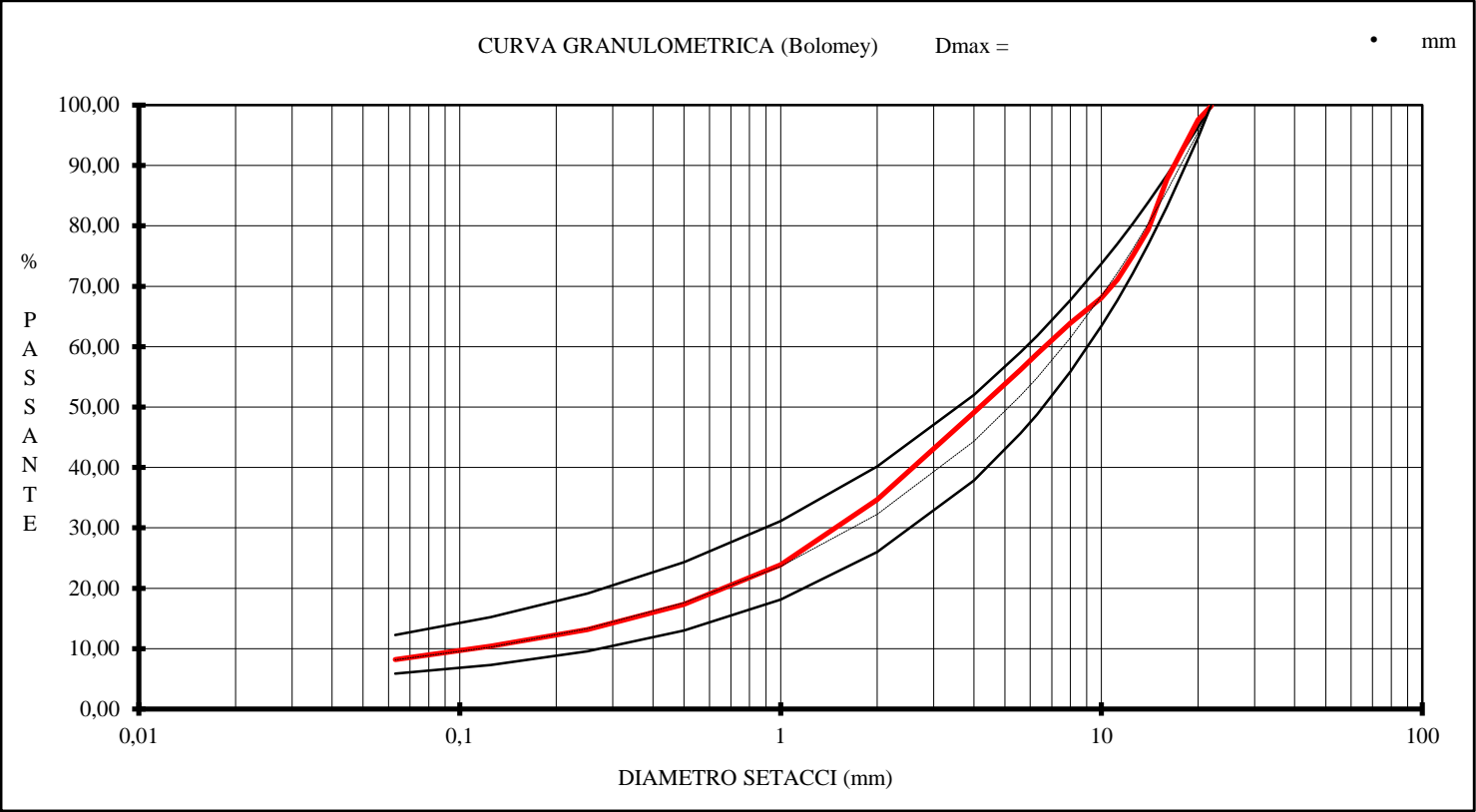
UNI EN 13242:2002

Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade

GLI AGGREGATI

Norme di prova

UNI EN 933-1	Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per stacciatura
UNI EN 1097-1	Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza all'usura (micro-Deval)
UNI EN 1367-1	Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo
UNI EN 1744-1	Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati Parte 1: Analisi chimica



NATURA DEGLI AGGREGATI

GLI AGGREGATI

➤ **Aggregati Naturali**

- aggregato di cave di monte
- aggregati alluvionali

➤ **Aggregati Artificiali**

➤ **Aggregati Riciclati**

L'analisi petrografica deve evidenziare la natura degli aggregati e la presenza di minerali dannosi per il calcestruzzo (ad es. silice amorfa o microcristallina, gesso, anidrite, talco, miche, ecc.).

GLI AGGREGATI

NATURA: AGGREGATO DI CAVE DI MONTE

PROVENIENZA DEL MATERIALE:

STRATI O AMMASSI ROCCIOSI UNIFORMI

TIPO DI LAVORAZIONE:

ESTRAZIONE CON ESPLOSIVO E
FRANTUMAZIONE

FORMA:

SPIGOLI VIVI

TERMINI:

SABBIA FRANTUMATA, PIETRISCHETTO,
PIETRISCO



GLI AGGREGATI

NATURA: AGGREGATO DI FIUME

PROVENIENZA DEL MATERIALE:

LETTI DI FIUME (ALVEI O
PALEOALVEI)

TIPO DI LAVORAZIONE:

ESTRAZIONE CON BENNA E
VAGLIATURA

FORMA:

ARROTONDATA

TERMINI:

SABBIA NATURALE, GHIAINO,
GHIAIA, CIOTTOLI



GLI AGGREGATI

NATURA: AGGREGATI TRATTATI TERMICAMENTE

PROVENIENZA:

STABILIMENTO

TIPO DI LAVORAZIONE:

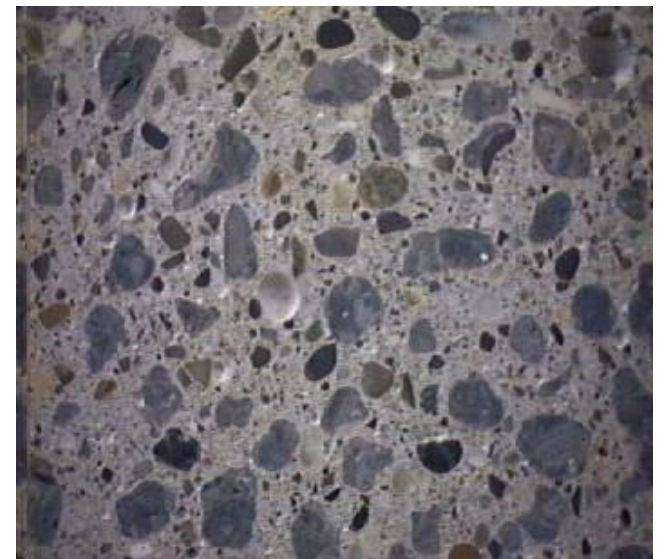
TRATTAMENTO TERMICO

FORMA:

IRREGOLARE

TERMINI:

ARGILLA ESPANSA



GLI AGGREGATI

NATURA: AGGREGATI ARTIFICIALI

PROVENIENZA:

STABILIMENTO

TIPO DI LAVORAZIONE:

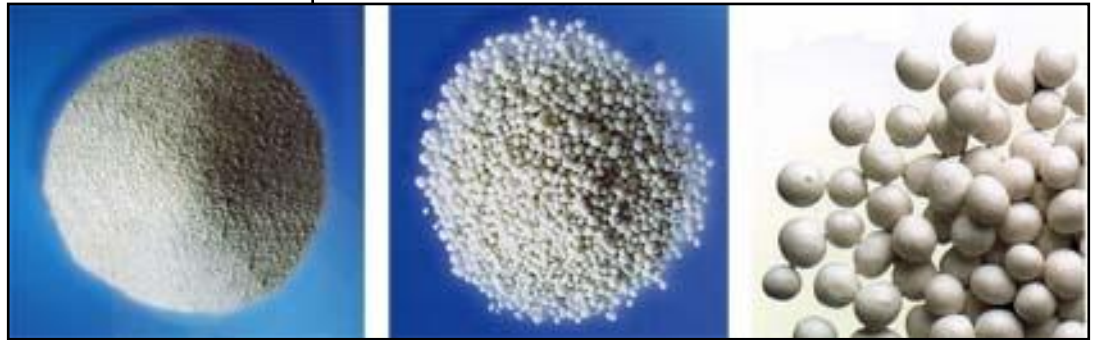
RECUPERO DEL VETRO NON
RICICLABILE

FORMA:

POLIEDRICA REGOLARE

TERMINI:

VETRO ESPANSO



GLI AGGREGATI

NATURA: AGGREGATI SINTETICI

PROVENIENZA:

STABILIMENTO

TIPO DI LAVORAZIONE:

TRATTAMENTO DI TIPO CHIMICO

FORMA:

ROTONDEGGIANTE REGOLARE

TERMINI:

POLIESTERE ESPANSO



Aggregati Leggeri

CALCESTRUZZO LEGGERO



Polistirolo



Lapillo Vulcanico



Pietra Pomice



Argilla Espansa

CALCESTRUZZO LEGGERO STRUTTURALE

In accordo a UNI EN 13055-1



Argilla Espansa Strutturale

GLI AGGREGATI DA RICICLO

NATURA:RICICLATI

Origine del Materiale da riciclo

Costituente	Descrizione
Rc	Demolizione di calcestruzzo e di prodotti per il calcestruzzo
Ru	Aggregato non legato, pietra naturale, aggregato legato idraulicamente
Rb	Elementi di laterizio per muratura, calcestruzzo aereato non galleggiante
Ra	Materiale bituminoso

Categorie dei costituenti di aggregati grossi riciclati		
Costituente	Contenuto Percentuale in massa	Categoria
Rc	≥ 90 ≥ 80 ≥ 70 ≥ 50 < 50	<i>Rc</i> ₉₀ <i>Rc</i> ₈₀ <i>Rc</i> ₇₀ <i>Rc</i> ₅₀ <i>Rc</i> _{Dichiarato}
	Nessun requisito	<i>Rc</i> _{NR}
Rc + Ru	≥ 95 ≥ 90 ≥ 70 ≥ 50 < 50	<i>Rcu</i> ₉₅ <i>Rcu</i> ₉₀ <i>Rcu</i> ₇₀ <i>Rcu</i> ₅₀ <i>Rcu</i> _{Dichiarato}
	Nessun requisito	<i>Rcu</i> _{NR}
Rb	≤ 10 ≤ 30 ≤ 50 > 50	<i>Rb</i> ₁₀₋ <i>Rb</i> ₃₀₋ <i>Rb</i> ₅₀₋ <i>Rb</i> _{Dichiarato}
	Nessun requisito	<i>Rb</i> _{NR}
Ra	≤ 1 ≤ 5 ≤ 10	<i>Ra</i> ₁₋ <i>Ra</i> ₅₋ <i>Ra</i> ₁₀₋
X + Rg	$\leq 0,5$ ≤ 1 ≤ 2	<i>XRg</i> _{0,5-} <i>XRg</i> ₁₋ <i>XRg</i> ₂₋
	Contenuto cm ³ /kg	
FL	$\leq 0,2^a)$ ≤ 2 ≤ 5	<i>FL</i> _{0,2-} <i>FL</i> ₂₋ <i>FL</i> ₅₋
a) La categoria $\leq 0,2$ è destinata solo ad applicazioni speciali che richiedono alta qualità di finitura superficiale.		

LE PROPRIETA' DEGLI AGGREGATI

GLI AGGREGATI

Per ottenere un buon calcestruzzo è importante conoscere:

➤ **Natura E Composizione**

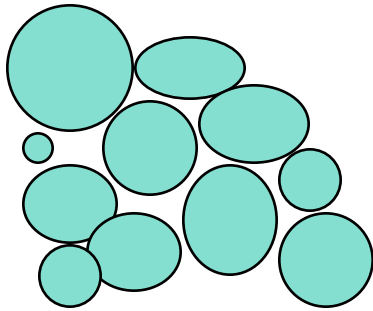
- **Proprietà Fisiche** (massa volumica, assorbimento, porosità, permeabilità, umidità, caratteristiche termiche, forma, dimensioni, ecc.)
- **Proprietà Chimiche** (insolubilità, inerzia chimica verso la pasta cementizia, stabilità a contatto con gli agenti naturali durante l'esercizio)
- **Proprietà Meccaniche** (resistenza a compressione, a trazione, all'abrasione, non sfaldabilità e resistenza all'urto)

LE PROPRIETA' FISICHE AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA MASSA VOLUMICA

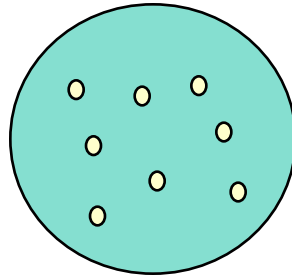
(kg/m.c.)

IN MUCCHIO



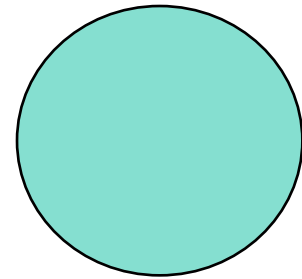
peso per unità di
volume dei granuli
ammucchiati

SSA



peso per unità
di volume SSA

REALE



peso per unità di
volume della materia
di cui è formato
l'aggregato, in
assenza di vuoti

PROPRIETA' FISICHE: LA MASSA VOLUMICA

Classificazione in funzione della massa volumica:

- **Aggregati leggeri:**

$M. V. < 2000 \text{ kg/m}^3$ (pomice, tufo, argilla espansa, polistirolo)

- **Aggregati di massa volumica normale:**

$2000 \text{ kg/m}^3 < M. V. < 3000 \text{ kg/m}^3$

- **Aggregati pesanti:**

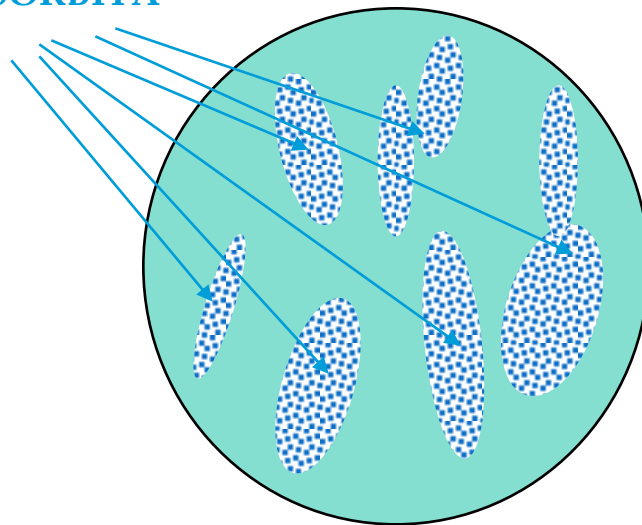
$M. V. > 3000 \text{ kg/m}^3$ (barite)

GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: ASSORBIMENTO

ASSORBIMENTO: capacità di un materiale di saturare d'acqua i vuoti presenti all'interno del granulo

ACQUA
ASSORBITA



Influisce su:

a/c

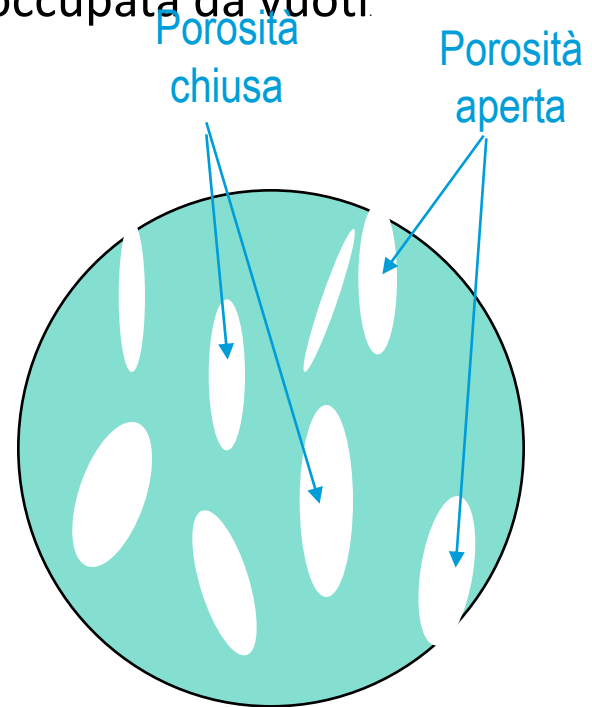
GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA POROSITA'

POROSITA' indica la % di volume occupata da vuoti.

Influisce su:

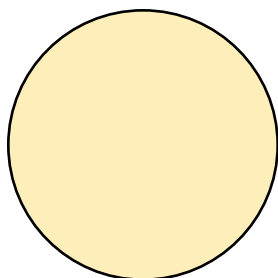
- adesione con la pasta cementizia
- resistenza al gelo/disgelo
- resistenza all'abrasione
- stabilità chimica



GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: L'UMIDITA'

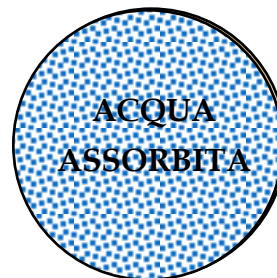
UMIDITA' TOTALE: % in peso di acqua presente sia all'interno che all'esterno del granulo



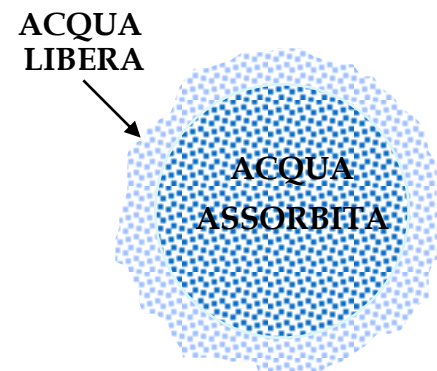
aggregato
asciutto



aggregato
parzialmente
asciutto



aggregato saturo a
superficie asciutta

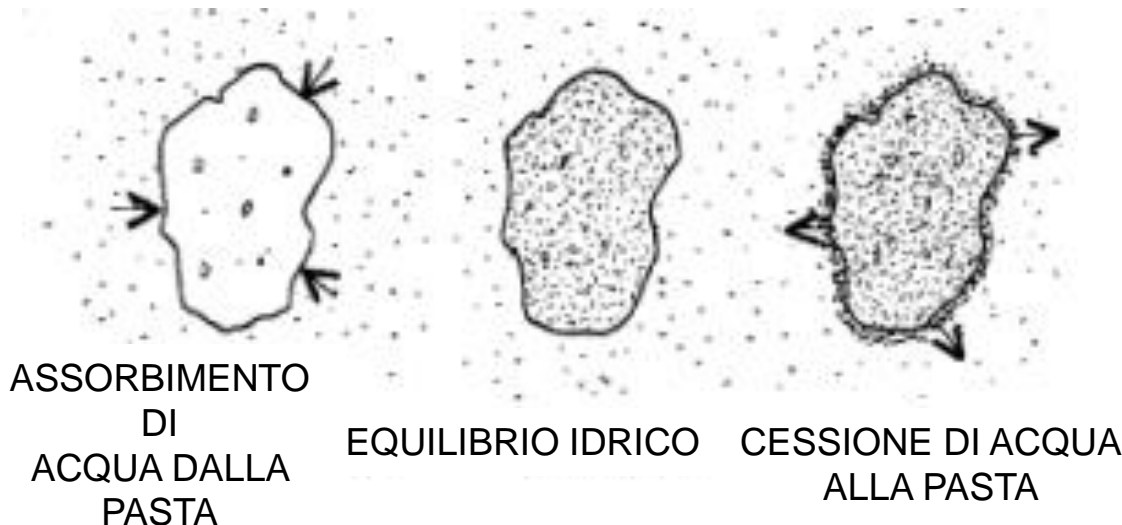


aggregato
umido

Influisce su:

- a/c

UMIDITÀ



POSSIBILI
CONDIZIONI
IDRICHE DEI
GRANULI
IN DIVERSE
CONDIZIONI
AMBIENTALI



ASCIUTTI



PARZIALMENTE
ASCIUTTI



SATURI A
SUPERFICIE
ASCIUTTA



BAGNATI

UMIDITÀ

Calcolo

Per tutti gli aggregati è necessario calcolare la umidità totale, secondo la seguente relazione:

$$U = \frac{Pesoumido - Pesosecco}{Pesosecco}$$

Per tutti gli aggregati è necessario calcolare la umidità di assorbimento dalle prove di laboratorio

UMIDITÀ

Influenza dell'umidità dell'inerte sulle prestazioni del calcestruzzo

L'umidità ha una influenza importante ai fini del calcolo dell'esatto rapporto acqua/cemento

Se vi è acqua in eccesso in superficie all'aggregato, questa andrà a modificare il rapporto a/c , modificando le prestazioni meccaniche attese

UMIDITÀ

Modifica delle pesate degli ingredienti rispetto al mix design

$$P_c = \frac{P_{ssa}(1 + U_{tot})}{(1 + U_{ass})}$$

P_c = Peso corretto

P_{ssa} = Peso saturo a superficie asciutta

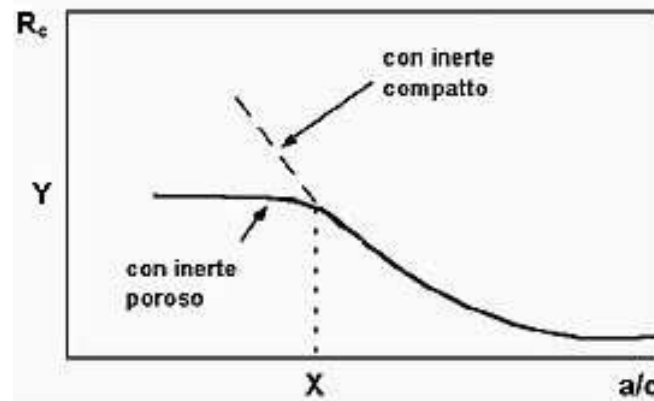
U_t = umidità totale in %

U_{ass} = umidità di assorbimento in %

UMIDITÀ

Gli inerti nei calcestruzzi ad alte prestazioni

In linea di massima nei calcestruzzi ordinari con rapporti acqua/cemento (a/c) superiori a 0.45 e resistenze meccaniche a compressione fino a 60 MPa, l'anello debole della catena è costituito dalla matrice cementizia giacché l'inerte normalmente impiegato è più compatto e resistente della pasta di cemento. Se, però, si porta il rapporto a/c nell'intervallo 0.25-0.35 con l'intento di produrre calcestruzzi ad alta prestazione (con resistenze meccaniche di 70-100 MPa), la matrice cementizia può diventare più compatta e resistente dell'inerte che, in questo caso, diventa l'anello debole della catena.



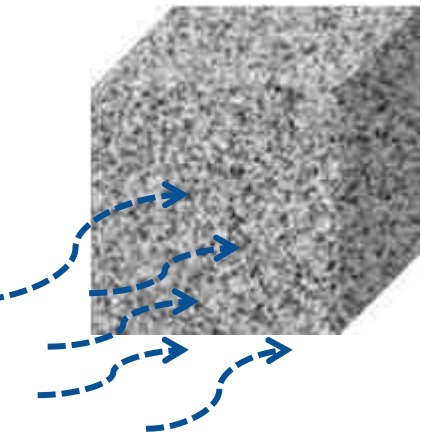
Influenza del rapporto acqua/cemento (a/c) sulla resistenza meccanica compressione (R_c) di calcestruzzi con inerte compatto o poroso

GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA PERMEABILITA'

PERMEABILITA': capacità di un materiale di farsi attraversare dall'acqua nell'unità di tempo

LA PERMEABILITÀ RAPPRESENTA LA VELOCITÀ CON CUI UN FLUIDO (es. acqua) SI MUOVE ALL'INTERNO DI UN MATERIALE POROSO.



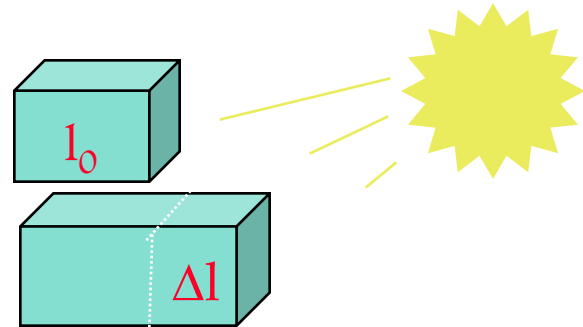
Roccia	Permeabilità (m/s)	a/c di una pasta a permeabilità equivalente
Diorite	$8 \cdot 10^{-16}$	0.42
Marmo	$6 \cdot 10^{-15}$	0.50
Granito	$1 \cdot 10^{-13}$	0.66
Arenaria	$1 \cdot 10^{-12}$	0.71

GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA LINEARE (α)

E' la variazione di lunghezza Δl causata da una variazione di temperatura ΔT su un elemento di lunghezza l_0

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T}$$



Influisce su:

- dilatazione del calcestruzzo
- coesione tra aggregato e pasta di cemento in caso di sforzi

GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: CARATTERISTICHE FISICHE DI ALCUNE ROCCE PRESENTI IN NATURA

	Peso in mucchio T/m ³	Massa volumica reale media g/cm ³	Porosità totale % del volume	Porosità apparente % del volume	Coefficiente di imbibizione % in peso	Coefficiente di dilatazione termica lineare °C ⁻¹ · 10 ⁻⁶
ROCCE IGNEE						
a) <i>di profondità</i>						
* Granito e sienite	1,35	2,6-2,8	0,4-1,5	0,4-1,4	0,2-0,5	8
* Diorite e gabbri	1,45	2,8-3,0	0,5-1,6	0,5-1,5	0,2-0,4	8
b) <i>effusive</i>						
* Porfido di quarzo	1,35	2,6-2,8	0,4-1,8	0,4-1,5	0,2-0,7	5
* Basalto	1,45	2,9-3,0	0,2-0,9	0,3-0,7	0,1-0,3	5
c) <i>detritiche</i>						
* Pomice	0,70	0,5-1,1	30-70	25-60	30-70	9
* Tufo vulcanico	0,80	1,1-1,8	25-60	25-50	25-50	9
ROCCE						
SEDIMENTARIE						
* Calcare tenero	1,5	1,7-2,6	0,5-30	0,5-25	1-25	4
* Calcare compatto	1,35	2,7-2,9	0,4-2	0,5-2	2-4	3
* Dolomite	1,35	2,3-2,8	0,4-2	0,5-2	2-4	3
* Travertino	1,15	2,4-2,5	5-12	4-10	2-5	4
ROCCE						
METAMORFICHE						
* Gneiss	1,40	2,6-3,0	0,4-2	0,3-2	1,6-0,6	5
* Scisti	1,35	2,7-2,8	1,6-2,5	1,4-1,8	0,5-0,6	5
* Marmo	1,35	2,7-2,8	0,5-3	0,5-2	0-1	5
* Quarziti	1,35	2,6-2,7	0,4-2	0,2-0,6	1,6-1,4	5

GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA FORMA

Indice di Forma **FI**

Indice di Appiattimento **SI**



GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA FORMA



GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA FORMA



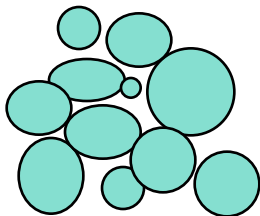
GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA FORMA

- A parità di lavorabilità del calcestruzzo fresco, l'impiego di aggregati a forma spigolosa comporta una maggiore richiesta d'acqua di impasto
- E' bene limitare il contenuto di elementi piatti e allungati (max 20-25 %), poichè tali aggregati tendono a disporsi parallelamente gli uni agli altri, determinando nell'impasto indurito una certa anisotropia

GLI AGGREGATI

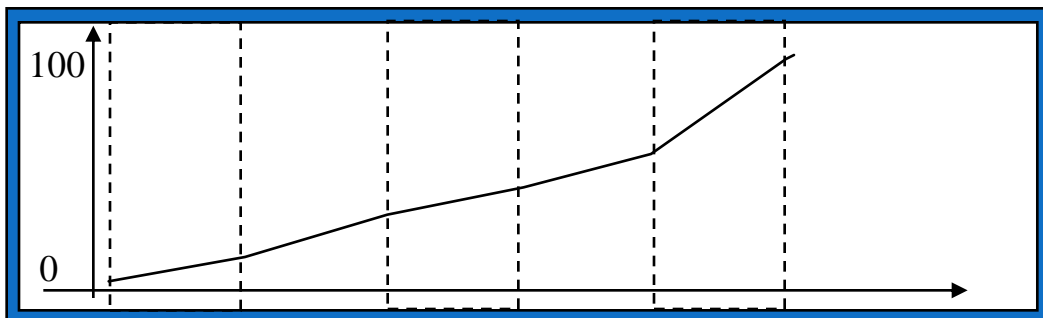
PROPRIETA' FISICHE: LA GRANULOMETRIA



un aggregato naturale difficilmente ha una distribuzione monodimensionale. In genere i suoi granuli hanno una distribuzione continua da un diametro minimo a uno massimo



L'analisi granulometrica si effettua ponendo una serie di vagli ad apertura crescente e, mediante vibrazione, si produce la classazione del materiale introdotto al setaccio più alto. Il materiale passante a un vaglio e trattenuto al successivo viene detto “**classe granulometrica**”.



Il peso trattenuto da ogni setaccio viene riportato in un diagramma sottoforma di percentuale.

REQUISITI GEOMETRICI

CLASSI GRANULOMETRICHE

SONO INDIVIDUATE DALLA DESIGNAZIONE d/D

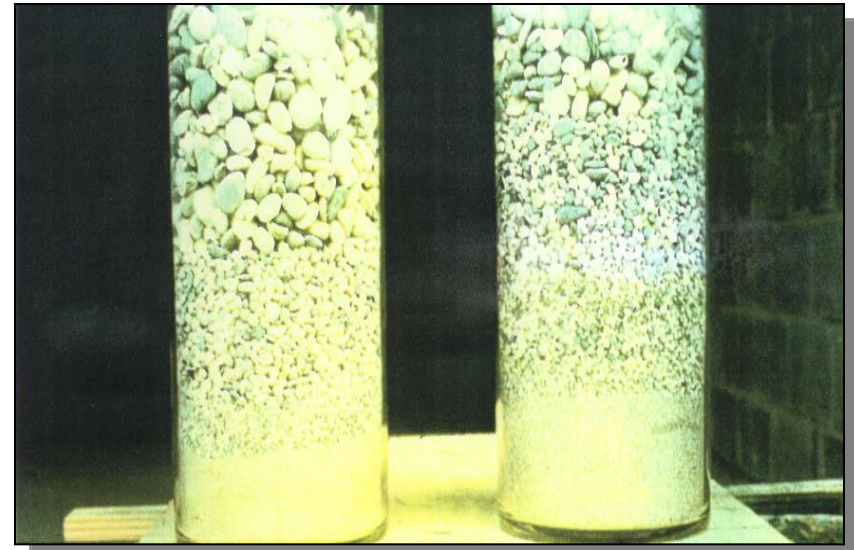
DOVE:

- **d** = DIMENSIONE NOMINALE INFERIORE DEI GRANULI
[mm]
- **D** = DIMENSIONE NOMINALE SUPERIORE DEI GRANULI
[mm]

ESEMPI:

- 0/4, 4/16, 4/32

LE CURVE

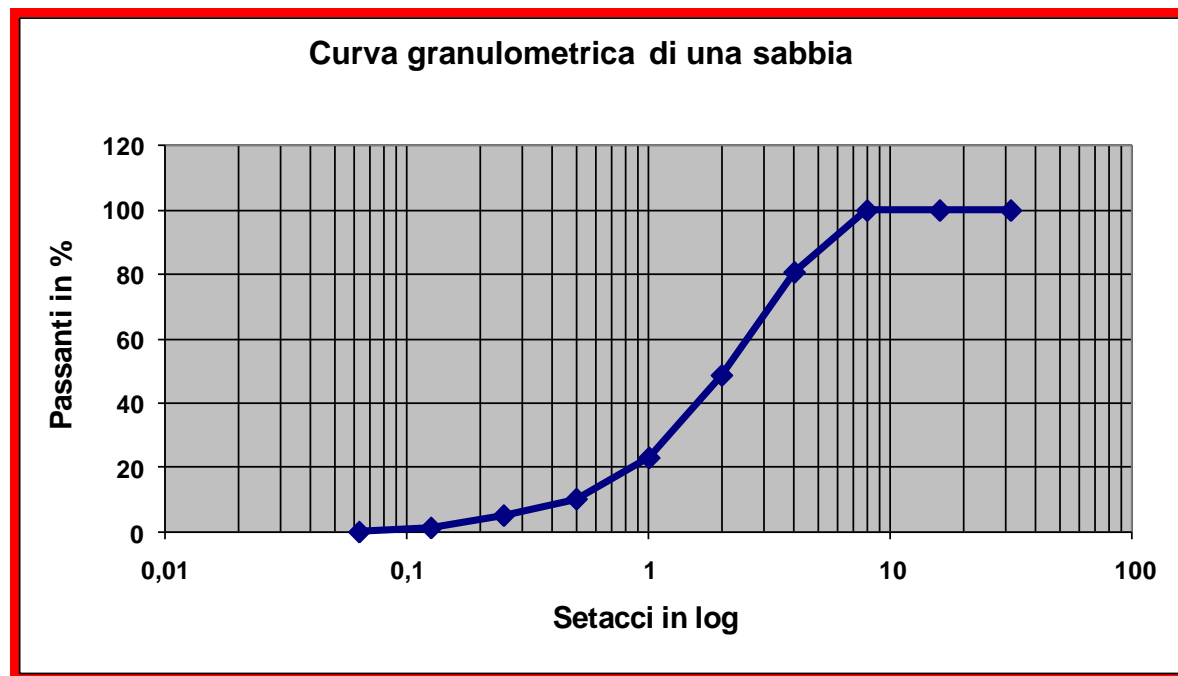


Setacci di diversa dimensione in mm

LA GRANULOMETRIA

	Prodotto sabbia		780	
d in mm	Passante cumulativo	Trattenuto parziale	Trattenuto parziale %	Trattenuto cumulativo
31,5	100	0	0	0
16	100	0	0	0
8	100	0	0	0
4	80,8	150	19,2	19,2
2	48,7	250	32,1	51,3
1	23,1	200	25,6	76,9
0,5	10,3	100	12,8	89,7
0,25	5,1	40	5,1	94,9
0,125	1,3	30	3,8	98,7
0,063	0,0	10	1,3	100,0

MF:
4,31

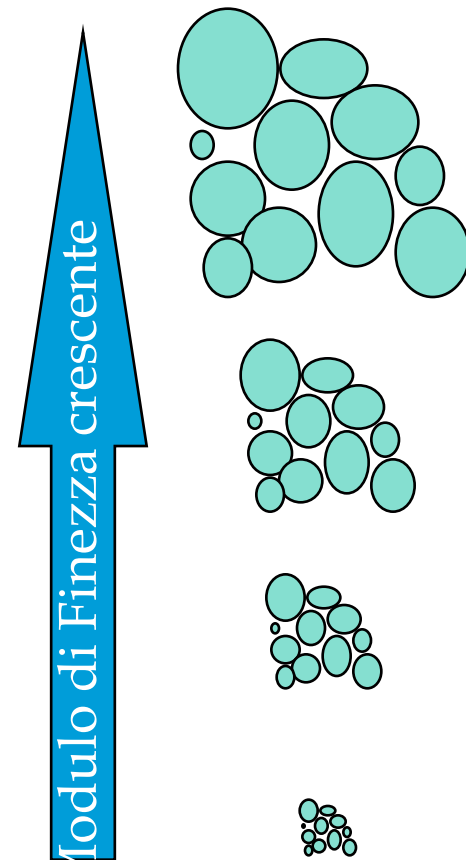


IL MODULO DI FINEZZA

La somma dei trattenuti cumulativi
diviso 100 è il cosiddetto

“modulo di finezza (MF)”

Il “modulo di finezza (MF)” esprime la
finezza di un aggregato: tanto più è
elevato il suo valore quanto minore è
la finezza di un aggregato



REQUISITI GEOMETRICI

TIPO DI AGGREGATO

1. *AGGREGATO GROSSO*: $d \geq 2 \text{ mm}$ e $D \geq 4 \text{ mm}$
2. *AGGREGATO FINE (SABBIA)*: $D \leq 4 \text{ mm}$
3. *MISTO GRANULOMETRICO NATURALE 0/8*: $D \leq 8 \text{ mm}$
4. *MISTO GRANULOMETRICO (ALL-IN)*: $d = 0$ e $D \leq 45 \text{ mm}$
5. *FILLER*: GRANULI PREVALEMENTEMENTE PASSANTI ALLO STACCIO
DA 0.063 mm

REQUISITI GRANULOMETRICI

Dimensioni degli stacci per la specificazione delle classi granulometriche

Serie di base mm	Serie di base più serie 1 mm	Serie di base più serie 2 mm
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
-	5,6 (5)	-
-	-	6,3 (6)
8	8	8
-	-	10
-	11,2 (11)	-
-	-	12,5 (12)
-	-	14
16	16	16
-	-	20
-	22,4 (22)	-
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
-	-	40
-	45	-
63	63	63
Nota Le dimensioni arrotondate che appaiono fra parentesi possono essere utilizzate come descrizioni semplificate delle dimensioni dell'aggregato.		

UNI EN 12620 aggregati per il calcestruzzo

REQUISITI GRANULOMETRICI

prospetto 2 **Requisiti generali di granulometria**

Aggregato	Dimensione	Percentuale passante in massa					Categoria G^d
		$2 D$	$1,4 D^{a) b)}$	$D^{c)}$	$d^{c)}$	$d/2^{a) b)}$	
Grosso	$D/d \leq 2$ o $D \leq 11,2$ mm	100 100	da 98 a 100 da 98 a 100	da 85 a 99 da 80 a 99	da 0 a 20 da 0 a 20	da 0 a 5 da 0 a 5	$G_C 85/20$ $G_C 80/20$
	$D/d > 2$ e $D > 11,2$ mm	100	da 98 a 100	da 90 a 99	da 0 a 15	da 0 a 5	$G_C 90/15$
Fine	$D \leq 4$ mm e $d = 0$	100	da 95 a 100	da 85 a 99	-	-	$G_F 85$
Naturale 0/8	$D = 8$ mm e $d = 0$	100	da 98 a 100	da 90 a 99	-	-	$G_{NG} 90$
Misto	$D \leq 45$ mm e $d = 0$	100	da 98 a 100	da 90 a 99	-	-	$G_A 90$
		100	da 98 a 100	da 85 a 99	-	-	$G_A 85$

a) Laddove gli stacci calcolati non corrispondano esattamente ai numeri di staccio di cui alla ISO 565:1990 serie R 20, si deve scegliere la dimensione di staccio più vicina.

b) Per calcestruzzo a granulometria discontinua o altri utilizzi speciali possono essere specificati requisiti aggiuntivi.

c) La percentuale passante a D può essere maggiore del 99% in massa, ma in tal caso il produttore deve documentare e dichiarare la granulometria tipica agli stacci D , d , $d/2$ e agli stacci intermedi fra d e D della serie principale più quelli della serie 1 oppure della serie principale più quelli della serie 2. Stacci consecutivi con un rapporto minore di 1,4 volte possono essere esclusi.

d) Altre norme relative a prodotti aggregati fissano requisiti diversi per le categorie.

UNI EN 12620 aggregati per il calcestruzzo

Table 2 — General grading requirements

Aggregate	Size mm	Percentage passing by mass					Category G
		$2D^a$	$1,4D$	D^b	d	$d/2$	
Coarse	D>4 d≥1	100	100	90 to 99	0 to 10	0 to 2	G _C 90/10
		100	98 to 100	90 to 99	0 to 15	0 to 5	G _C 90/15
		100	98 to 100	85 to 99 ^c	0 to 15	0 to 5	G _C 85/15
		100	98 to 100	85 to 99 ^c	0 to 20	0 to 5	G _C 85/20
		100	98 to 100	80 to 99	0 to 20	0 to 5	G _C 80/20
		100	98 to 100	85 to 99	0 to 35	0 to 5	G _C 85/35
		100	98 to 100	85 to 99 ^c	0 to 15	0 to 2	G _{CA} 85/15
	d≥1 D≤4	100	95 to 100	85 to 99	0 to 15	--	G _G 85/15
		100	98 to 100	85 to 99	0 to 20	0 to 5	G _G 85/20
		100	98 to 100	85 to 99	0 to 35	0 to 5	G _G 85/35
Natural Graded Aggregates	D = 8 d = 0	100	98 to 100	90 to 99	-	-	G _{NG} 90
Fine	D≤4 d=0	100	95 to 100	85 to 99	-	-	G _F 85
All-in	D>4 d=0	100	98 to 100	90 to 99	-	-	G _A 90
		100	98 to 100	85 to 99	-	-	G _A 85
		100	98 to 100	80 to 99	-	-	G _A 80
		100	-	75 to 99	-	-	G _A 75

FILLER

AGGREGATO *FILLER*: LA MAGGIOR PARTE DEL MATERIALE È PASSANTE ALLO STACCIO DA 0.063 mm.
PUÒ ESSERE AGGIUNTO AI MATERIALI DA COSTRUZIONE PER OTTENERE ALCUNE PROPRIETÀ.

APERTURA DEGLI STACCI [mm]	PASSANTE [% IN MASSA]	
	FUSO COMPLESSIVO PER RISULTATI SINGOLI	FUSO DICHIARATO DAL PRODUTTORE PER IL 90% DEI RISULTATI
2	10	—
0.125	85 ÷ 100	± 10
0.063	70 ÷ 100	± 10

UNI EN 12620 Aggregati Per Il Calcestruzzo

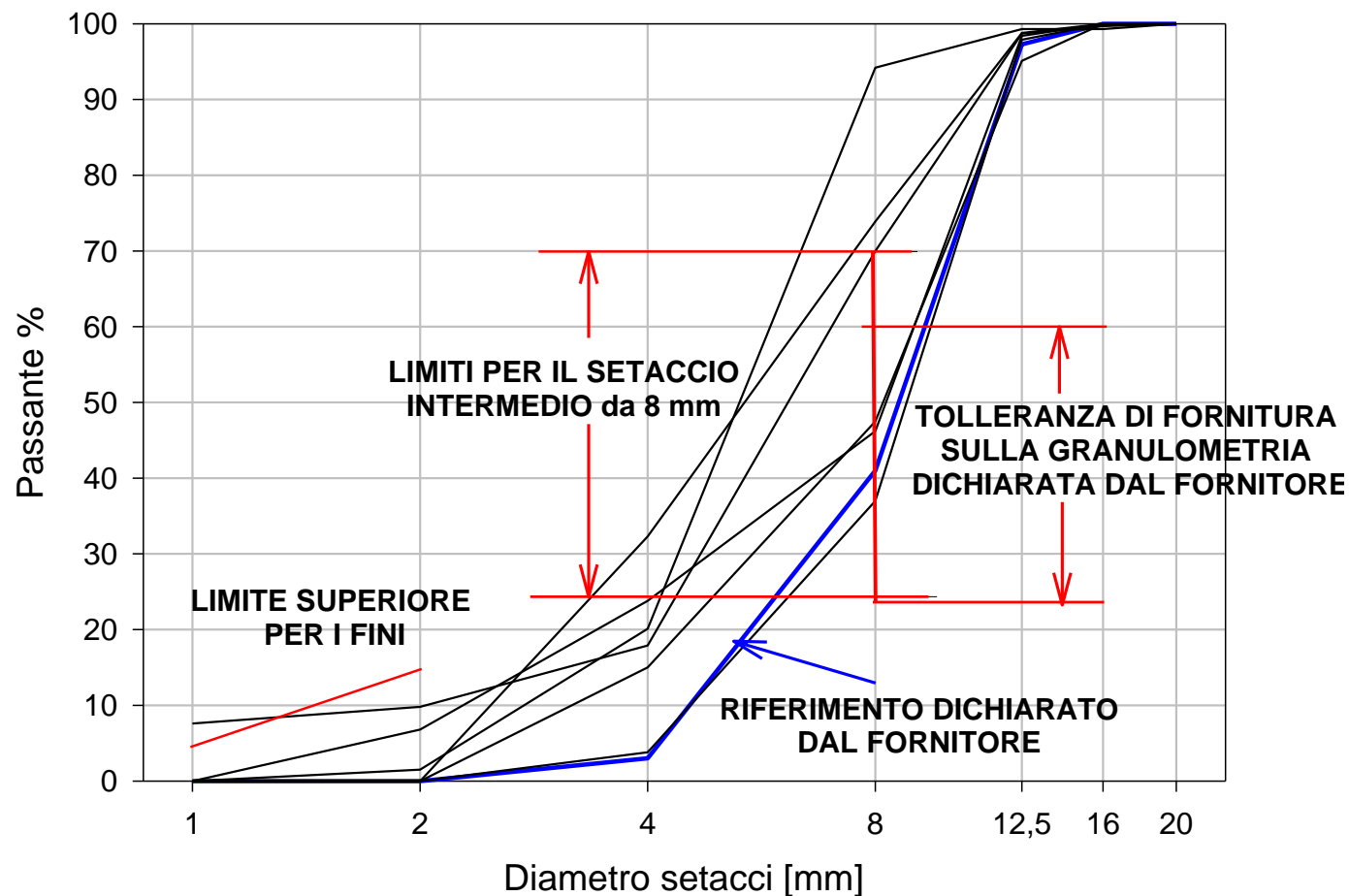
REQUISITI GRANULOMETRICI

AGGREGATO GROSSO: LIMITI E TOLLERANZE RISPETTO
ALLA CURVA DICHIARATA DAL PRODUTTORE

D/d	SETACCIO INTERMEDIO [mm]	LIMITI GLOBALI E TOLLERANZE RELATIVE AL SETACCIO INTERMEDIO [PASSANTE % IN MASSA]	
		LIMITI GLOBALI	TOLLERANZA RISPETTO ALLA GRANULOMETRIA TIPICA DICHIARATA DAL FORNITORE
< 4	D/1.4	25 ÷ 70	± 15
≥ 4	D/2	25 ÷ 70	± 17.5

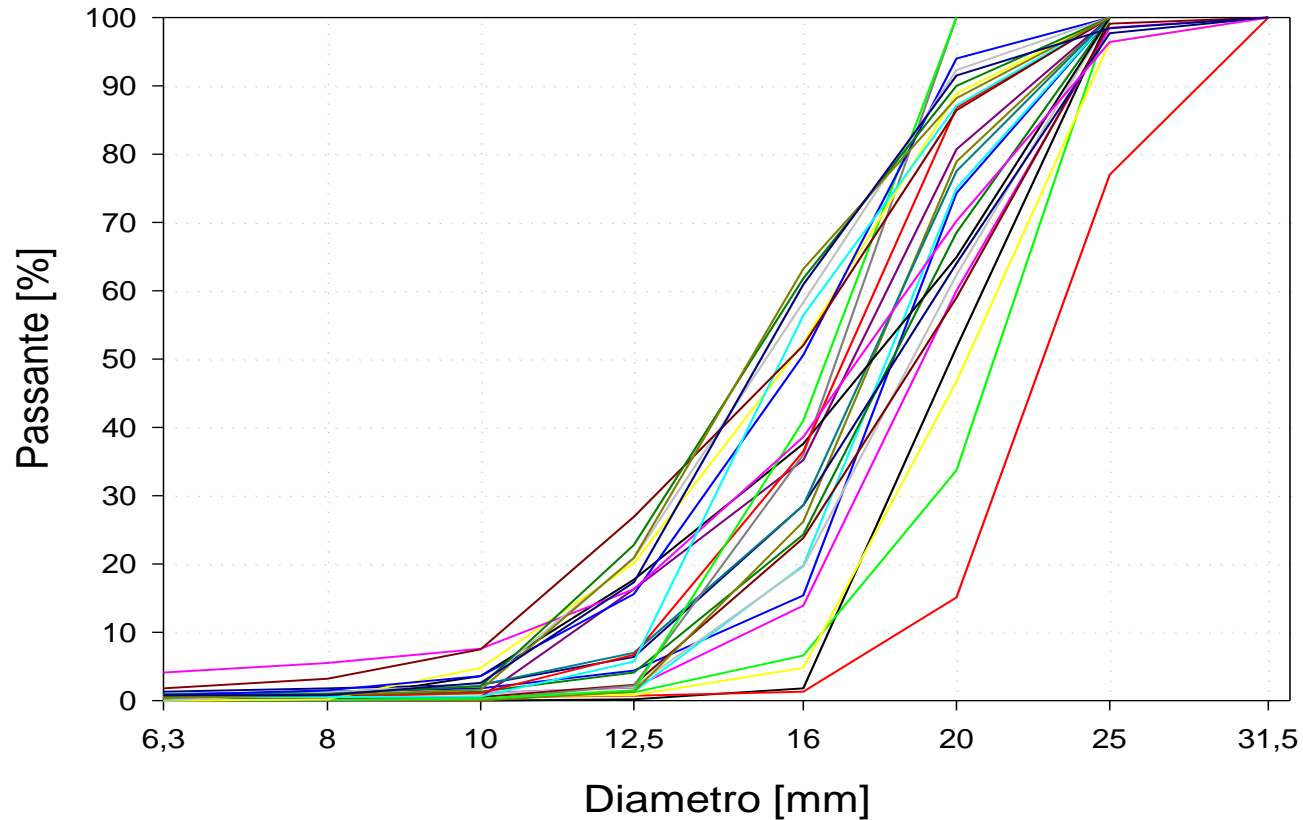
REQUISITI GRANULOMETRICI

ESEMPIO DI LIMITI E TOLLERANZE DI FORNITURA PER: GHIAIETTO 2/16



REQUISITI GRANULOMETRICI

AGGREGATI GROSSI (FRAZIONI 8/25 mm)



REQUISITI GRANULOMETRICI

SABBIE: TOLLERANZE RISPETTO ALLA CURVA DICHIARATA DAL PRODUTTORE

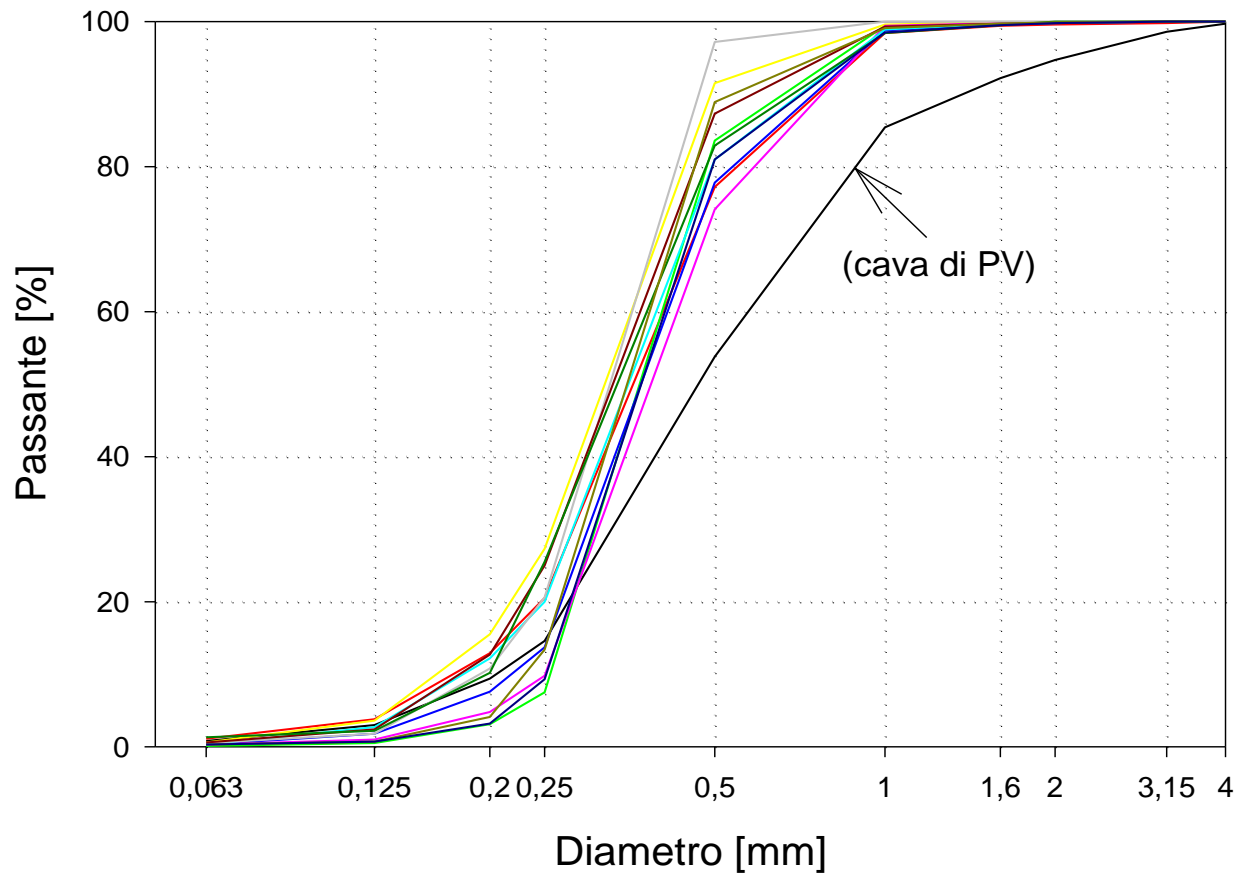
APERTURA DEGLI STACCI [mm]	TOLLERANZE SUL PASSANTE PERCENTUALE IN MASSA		
	0/4 mm	0/2 mm	0/1 mm
4	± 5	—	—
2	—	± 5	—
1	± 20 (± 10)	± 20 (± 10)	± 5
0.250	± 20 (± 10)	± 25 (± 15)	± 25 (± 15)
0.063	± 3	± 5	± 5

LE TOLLERANZE SI INTENDONO RISPETTO AL VALORE
DICHIARATO DAL FORNITORE. TRA PARENTESI I VALORI DELLE
TOLLERANZE RISTRETTE CHE SI APPLICANO SU RICHIESTA
DEL CLIENTE

REQUISITI GRANULOMETRICI

Aggregato fine da correzione

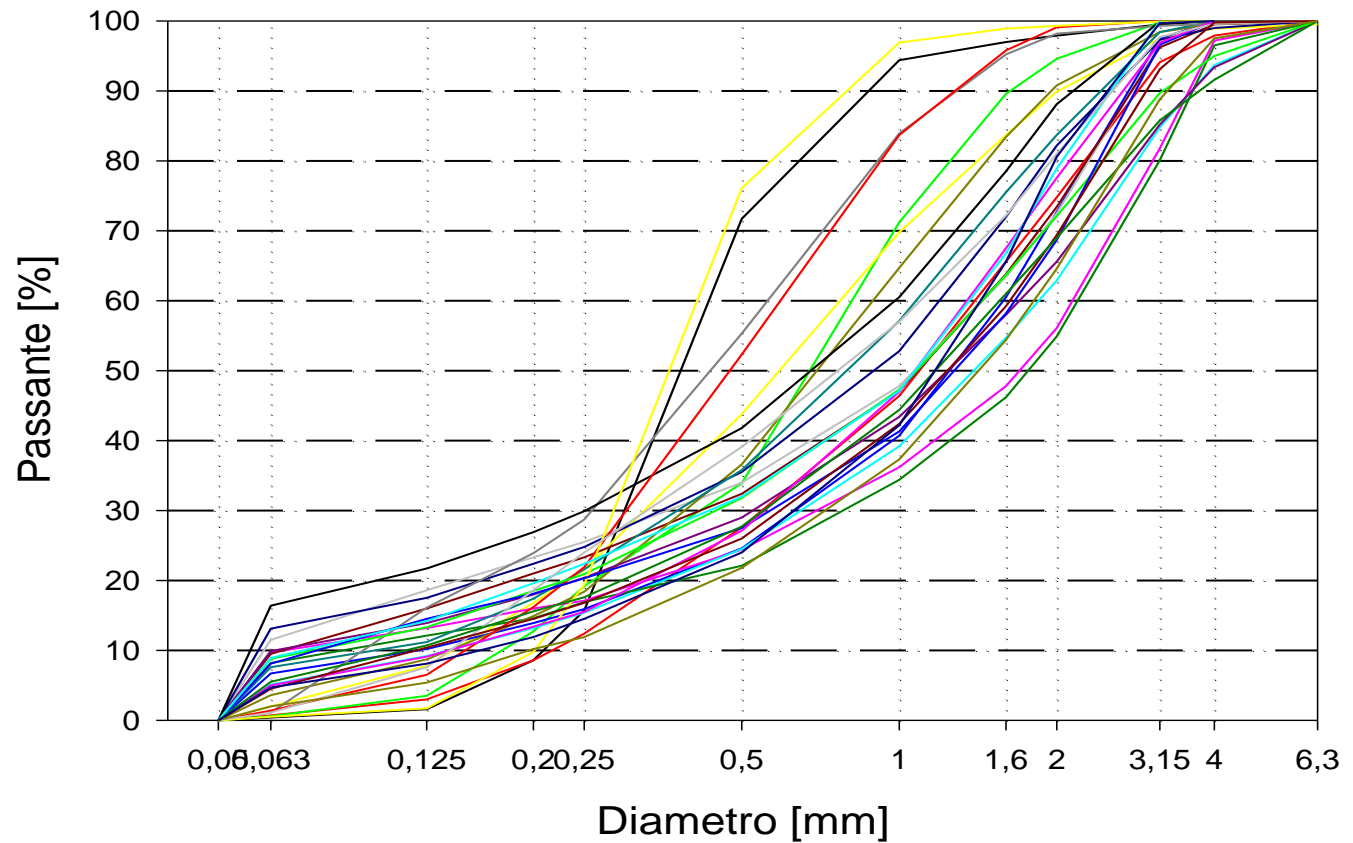
Sabbia del Po (12 campionamenti)



REQUISITI GRANULOMETRICI

AGGREGATI

Sabbie fini: 27 campioni di diversa provenienza



REQUISITI GRANULOMETRICI

SABBIE

Gli aggregati fini (sabbie) devono essere definiti in base alle loro dimensioni: possibilmente nelle classi 0/D: 0/1, 0/2, 0/4.

Si deve tener conto del passante in massa sugli stacci:

2D	1.4D	D
100	$95 \div 100$	$85 \div 99$

e delle tolleranze del fuso granulometrico rispetto a quello dichiarato dal fornitore.

Molte aggregati fini commercializzati come sabbie sono, in realtà, dei misti naturali 0/8 mm.

REQUISITI GRANULOMETRICI

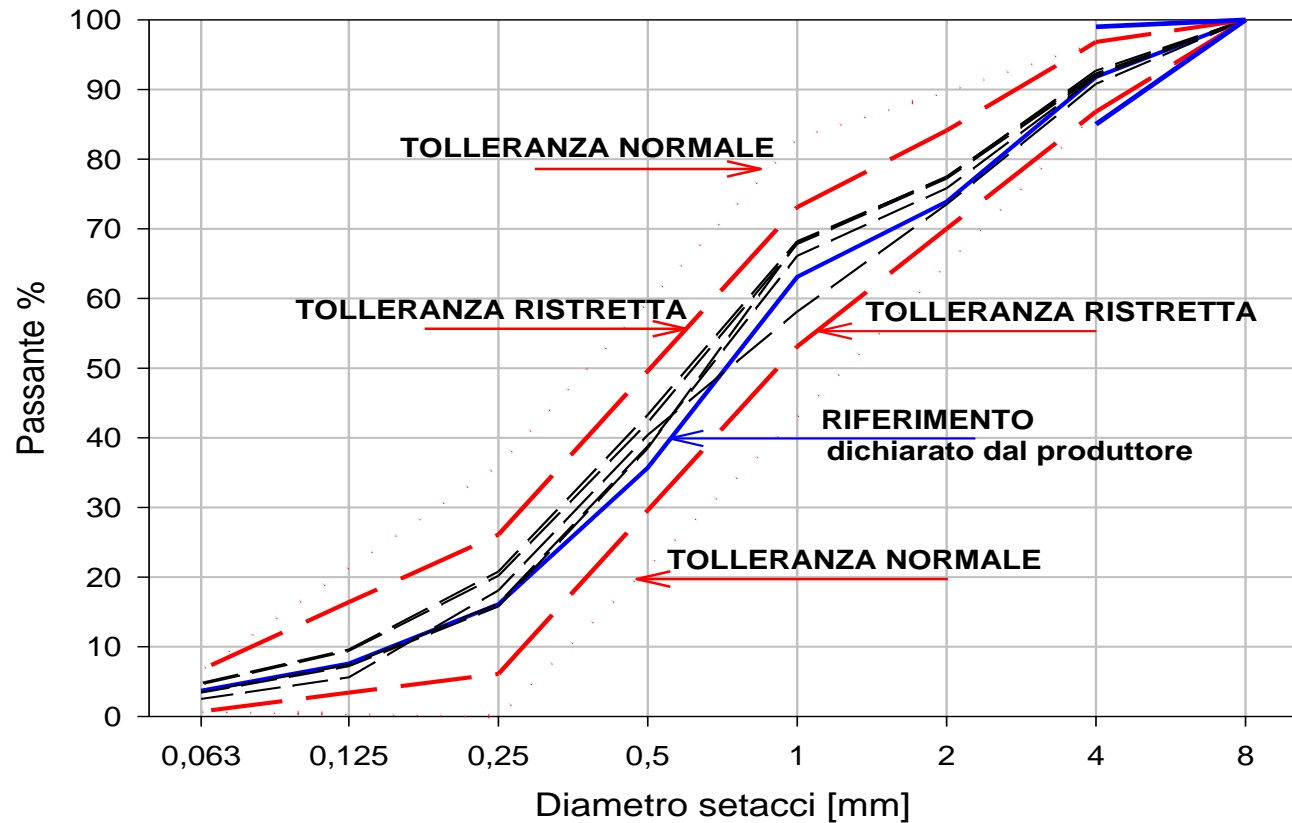
SABBIE: TOLLERANZE RISPETTO ALLA CURVA DICHIARATA DAL PRODUTTORE

APERTURA DEGLI STACCI [mm]	TOLLERANZE SUL PASSANTE PERCENTUALE IN MASSA		
	0/4 mm	0/2 mm	0/1 mm
4	± 5	—	—
2	—	± 5	—
1	$\pm 20 (\pm 10)$	$\pm 20 (\pm 10)$	± 5
0.250	$\pm 20 (\pm 10)$	$\pm 25 (\pm 15)$	$\pm 25 (\pm 15)$
0.063	± 3	± 5	± 5

LE TOLLERANZE SI INTENDONO RISPETTO AL VALORE DICHIARATO DAL FORNITORE. TRA PARENTESI I VALORI DELLE TOLLERANZE RISTRETTE CHE SI APPLICANO SU RICHIESTA DEL CLIENTE

REQUISITI GRANULOMETRICI

ESEMPIO DI TOLLERANZA DI FORNITURA PER: SABBIA 0/4



REQUISITI GRANULOMETRICI

MISTO NATURALE 0/8: TOLLERANZE RISPETTO ALLA CURVA DICHIARATA DAL PRODUTTORE

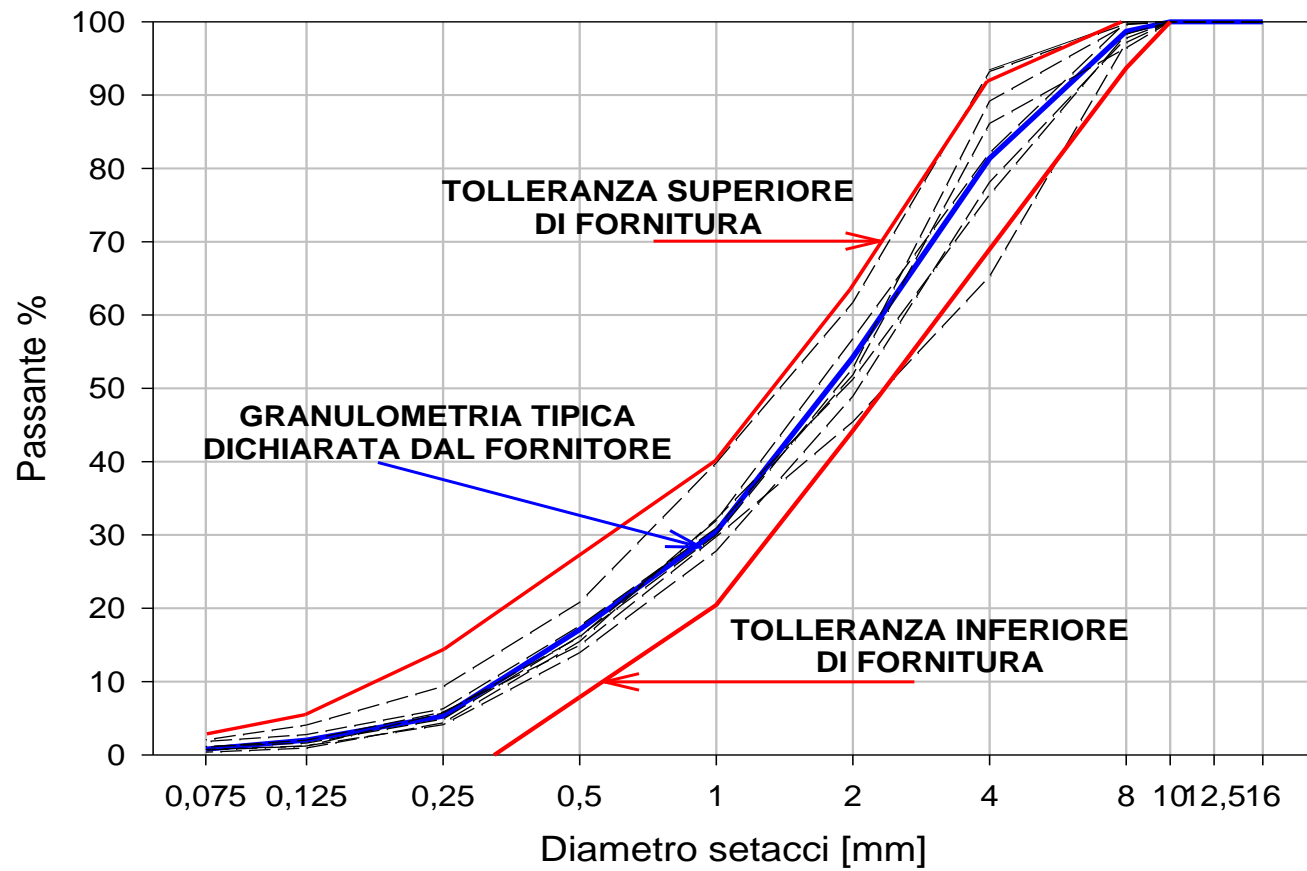
APERTURA DEGLI STACCI [mm]	TOLLERANZE SUL PASSANTE, [% IN MASSA]
8	± 5
2	± 10
1	± 10
0.250	± 10
0.125	± 3
0.063	± 2

L'AGGREGATO MISTO NATURALE 0/8 PUÒ ESSERE DI ORIGINE FLUVIALE O GLACIALE CON DIMENSIONE MASSIMA ≤ 8 mm.

QUESTO AGGREGATO PUÒ ANCHE ESSERE OTTENUTO PER MISCELAZIONE DI AGGREGATI PRE-TRATTATI.

REQUISITI GRANULOMETRICI

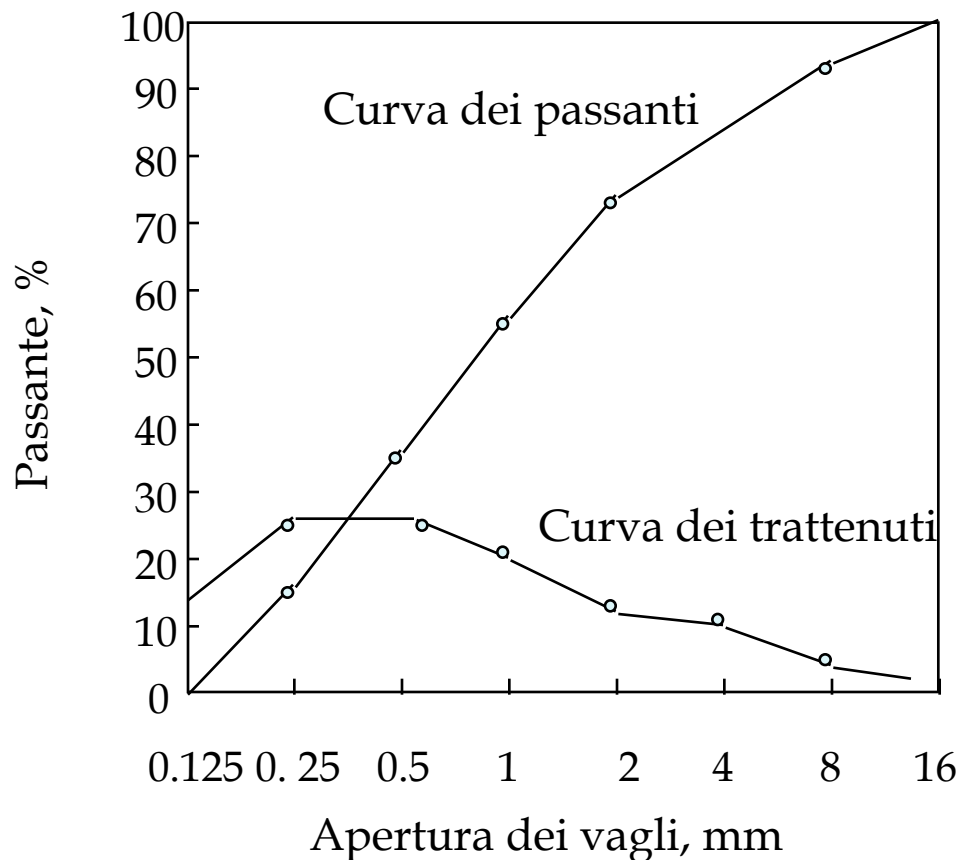
ESEMPIO DI TOLLERANZE DI FORNITURA PER: MISTO 0/8



GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA GRANULOMETRIA

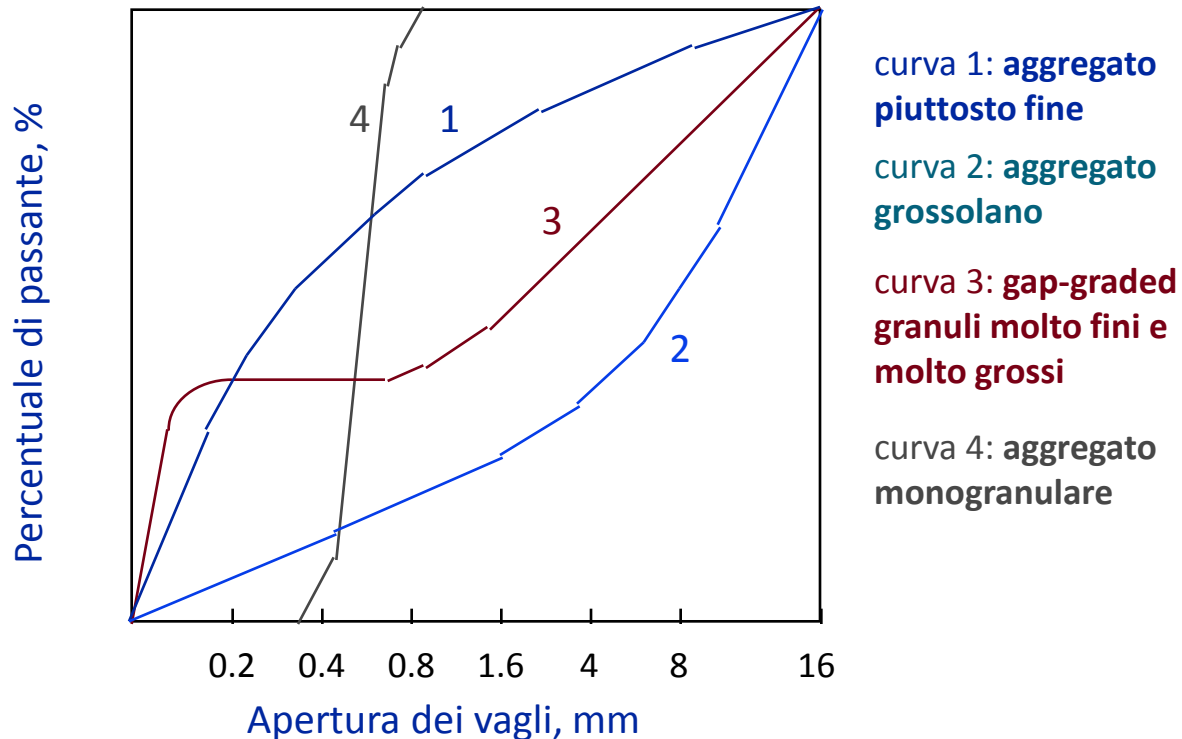
Confronto tra la curva dei trattenuti e quella dei passanti



GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA GRANULOMETRIA

Confronto tra curve granulometriche appartenenti ad aggregati differenti



GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA GRANULOMETRIA

La curva granulometrica degli aggregati per il confezionamento del calcestruzzo si esegue mediante un calcolo che permette di ottenere, sulla base delle curve dei singoli componenti, una curva risultante che deve assicurare determinate proprietà al calcestruzzo. L'obiettivo di questa curva è quello di minimizzare il volume dei vuoti

LE PROPRIETA' CHIMICHE DEGLI AGGREGATI

LA SCELTA DEL D_{max}

Dmax : La dimensione di aggregato maggiore che si trova nel calcestruzzo.

Per la scelta del Dmax bisogna tener conto dei seguenti vincolo:

- a) Non deve superare il 25% della sez. minima della struttura
- b) Non deve superare la distanza tra i ferri diminuita di 5 mm
- c) Non deve superare del 30% lo spessore dei copriferro

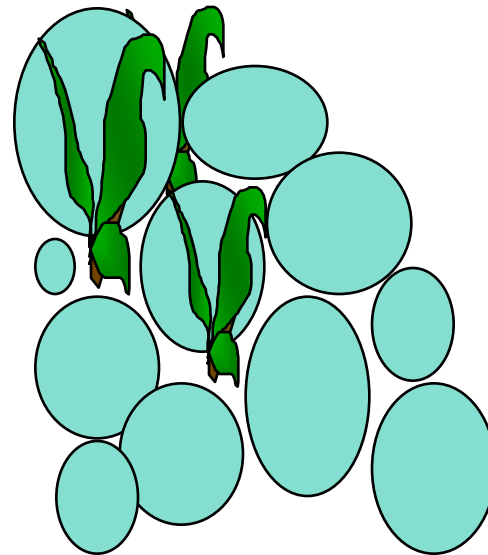
Una volta individuato **Dmax** è possibile calcolare la **curva di distribuzione ideale**

GLI AGGREGATI

PROPRIETA' CHIMICHE: PRESENZA DI SOSTANZE ORGANICHE

Possono ridurre:

- l'adesione con la pasta di cemento
- rallenta il processo di idratazione del cemento ed allunga i tempi di presa
- provocare reazioni chimiche degradanti e facilita l'ingresso di agenti esterni nella struttura
- abbassa la resistenza del calcestruzzo, deteriorare l'aspetto del manufatto finale



GLI AGGREGATI

PROPRIETA' CHIMICHE: PRESENZA DI SOSTANZE DANNOSE



CLORURI

L'introduzione di quantità rilevanti di **cloruri** nel calcestruzzo armato e soprattutto armato precompresso genera fenomeni di corrosione nei ferri d'armatura.



SOLFATI

Una quantità eccessiva di **solfati** potrebbe provocare fenomeni espansivi legati alla formazione di gesso e di ettringite.



SOST. ARGILLOSE

Una quantità eccessiva di **sostanze argillose** pregiudica l'adesione tra pasta cementizia ed aggregato.



SILICE REATTIVA

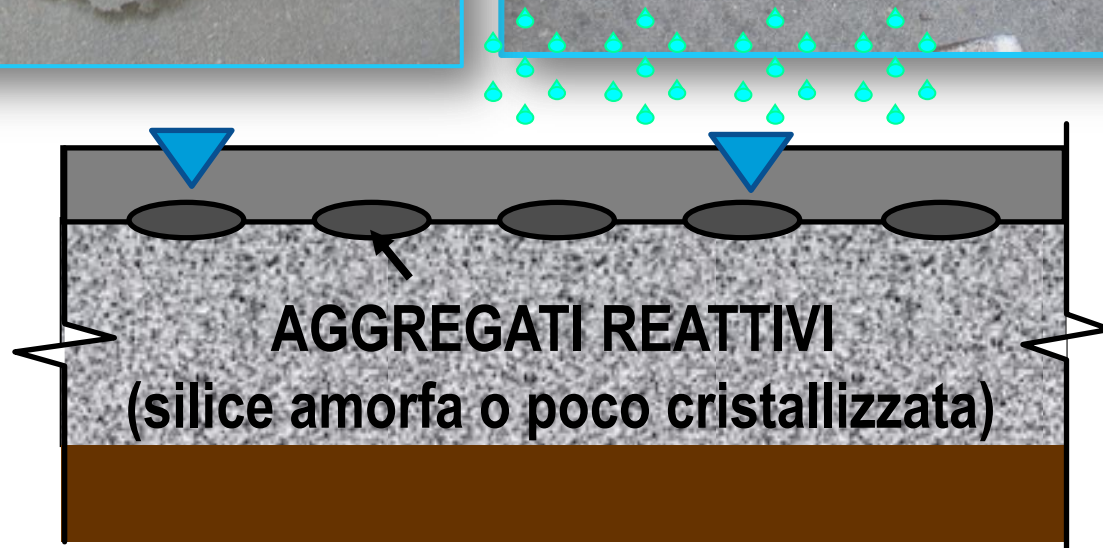
La presenza di **silice** reattiva provoca fessurazioni interne ma non interferisce con il processo di idratazione.

GLI AGGREGATI

**PROPRIETA' CHIMICHE: PRESENZA DI SOSTANZE
DANNOSE**



Reazioni alcali - Aggregati



LE PROPRIETA' MECCANICHE DEGLI AGGREGATI

GLI AGGREGATI

PROPRIETA' MECCANICHE: LA RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE

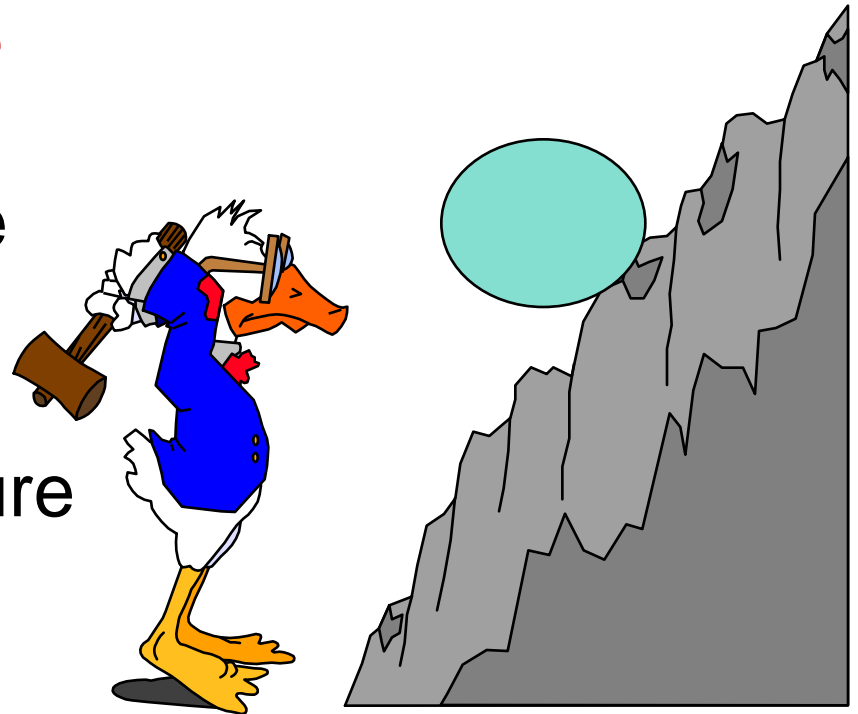
Per formare uno scheletro ottimale
l'aggregato deve avere una resistenza
alla compressione maggiore della
pasta di cemento che lo avvolge



GLI AGGREGATI

PROPRIETA' MECCANICHE: LA PERDITA DI MASSA PER URTO E ROTOLAMENTO

La **resistenza all'abrasione** dell'aggregato è estremamente importante specialmente per calcestruzzi destinati a pavimentazioni o a strutture idrauliche



GLI AGGREGATI

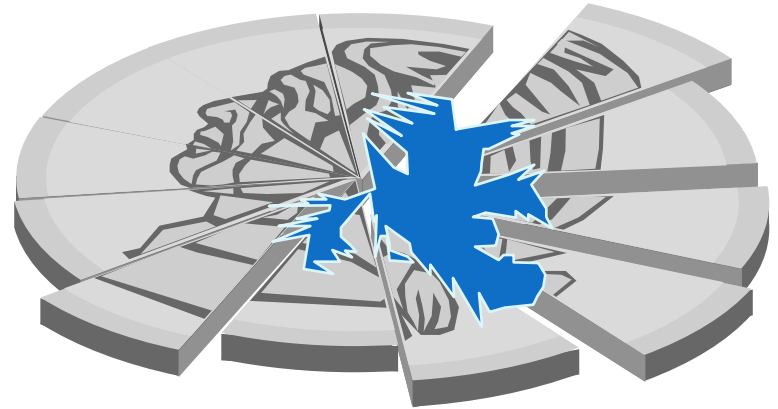
**PROPRIETA' MECCANICHE: LA PERDITA
DI MASSA PER URTO E ROTOLAMENTO**



GLI AGGREGATI

PROPRIETA' MECCANICHE: LA RESISTENZA AL GELO/DISGELO

Se il volume dell'acqua assorbita supera il 91% del volume dei pori, in seguito al congelamento e al conseguente aumento di volume, le zone circostanti ai pori sono soggette a sollecitazioni di compressione.



GLI AGGREGATI

PROPRIETA' MECCANICHE: CARATTERISTICHE DI ALCUNI TIPI DI AGGREGATI

	Resistenza a compressione	Resistenza a flessione	Modulo di elasticità	Tenacità	Resistenza all'usura (rif. granito = 1)
	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ² x 10 ⁵	kg/cm ²	
ROCCE IGNEE					
a) <i>di profondità</i>					
* Granito e sienite	1.660-2.400	100-200	5-6	110-120	1
* Diorite e gabbri	1.700-3.000	100-220	8-10	130-180	1-1,5
b) <i>effusive</i>					
* Porfido di quarzo	1.800-3.000	150-200	5-7	130-240	1-1,5
* Basalto	2-4.000	150-250	9-12	160-300	1-2
c) <i>detritiche</i>					
* Pomice	50-200	-	1-3	-	-
ROCCE SEDIMENTARIE					
* Calcare tenero	200-900	50-110	3-6	70-110	4-9
* Calcare compatto	800-1.900	60-150	4-7	70-110	4-8
* Dolomite	200-600	40-100	2-5	60-110	7-12
ROCCE METAMORFICHE					
* Gneiss	1.600-2.800	-	3-4	40-100	1-2
* Scisti	900-1.000	-	2-6	40-80	4-8
* Marmo	1.000-1.800	60-150	4-7	70-100	4-8
* Quarziti	1.500-3.000	-	5-7	110-180	1,5

La Distribuzione Granulometrica Ideale

Assortimento Granulometrico

L'inerte deve essere ben assortito in modo tale che i granuli più fini si possano disporre nei vuoti interstiziali presenti tra quelli dei granuli più grossi. I pochi vuoti restanti saranno poi occupati dalla pasta di cemento.

L'assortimento granulometrico prevede tre step

- L'analisi granulometrica
- La curva ideale
- Il metodo di calcolo



GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA GRANULOMETRIA

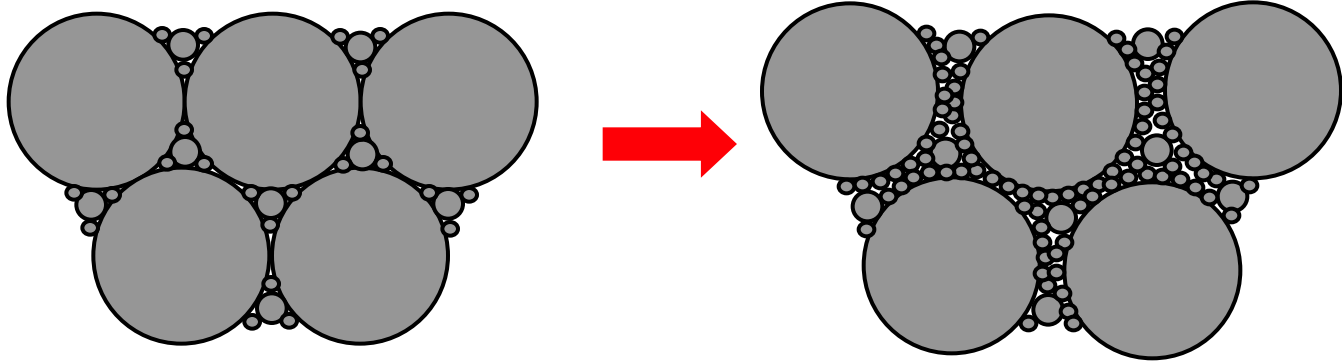
Partendo da esami sperimentali Andreasen stabilì che per raggiungere la massima compattezza (minimo dei vuoti) si dovevano predisporre distribuzioni granulometriche che seguivano la seguente espressione:

$$P = Kd^q$$

dove P è la % di materiale a dimensione inferiore a d
K e q sono dei coefficienti

Andreasen dimostrò che la massima compattezza viene raggiunta quando q assume valori compresi fra 0.5 e 0.67

FULLER E BOLOMEY I



$$P = 100 \cdot \sqrt{\frac{d}{D_{\max}}}$$

$$P = A + (100 - A) \cdot \sqrt{\frac{d}{D_{\max}}}$$

A = lavorabilità e tipo di aggregato

Tipo di aggregato	Consistenza terra Umida	Consistenza plastica/fluid a	Consistenza fluida/superfluida
Alluvionale	8	10	12
Frantumato	10	12	14

GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA GRANULOMETRIA

Curva di Fuller:

$$p = 100 (d/D)^{1/2}$$

Curva di Bolomey :

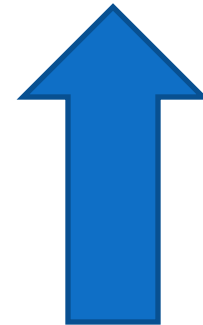
$$p = ([A - (100 - A) (d/D)^{1/2} - C] / (100 - C)) * 100$$

p = percentuale di passante attraverso un setaccio di
apertura d

D = diametro massimo dell'aggregato

C = percentuale in peso della miscela

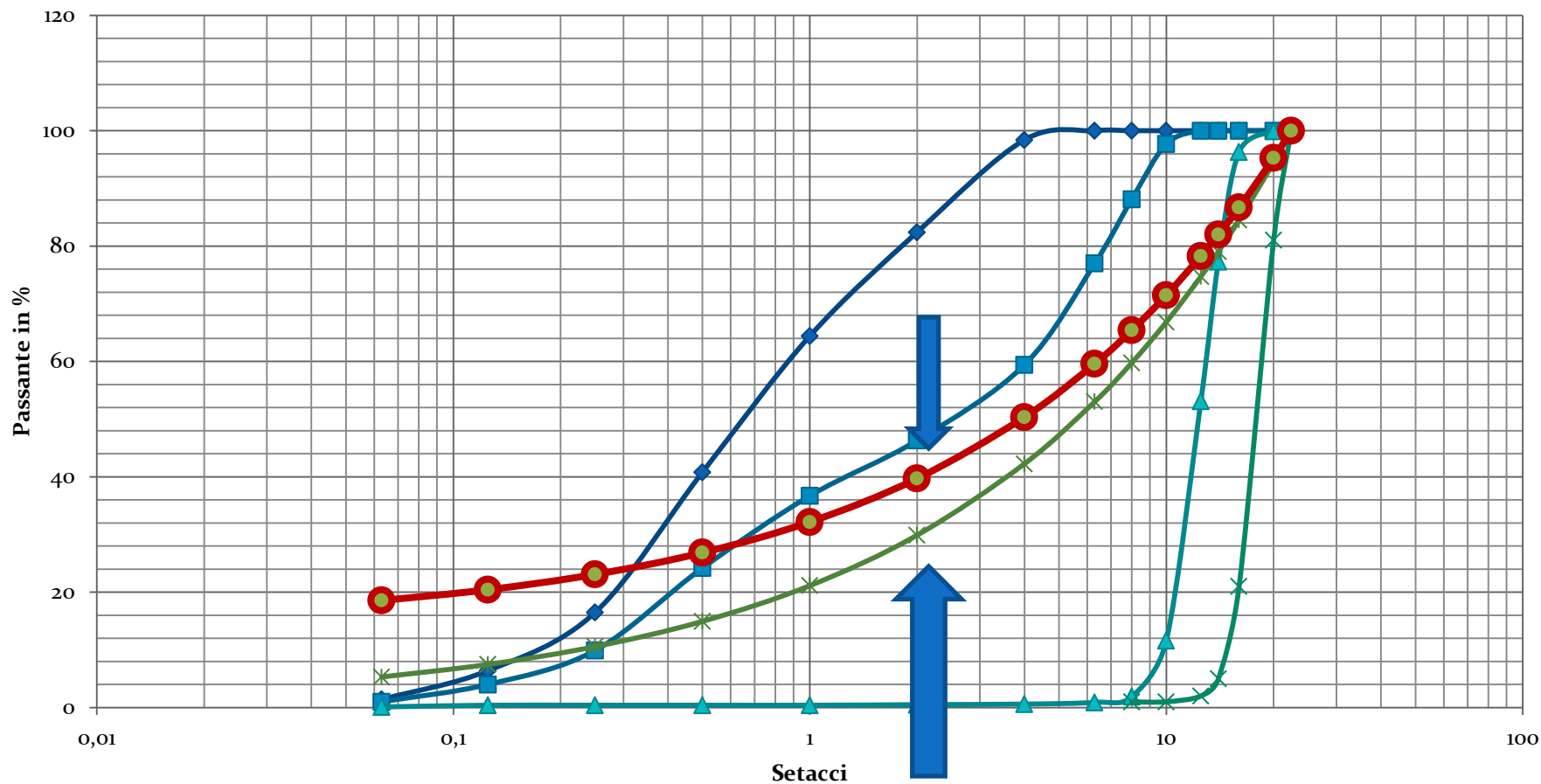
A = costante il cui valore è compreso fra 12 e 16



Solo aggregati

GLI AGGREGATI

PROPRIETA' FISICHE: LA GRANULOMETRIA



GLI AGGREGATI

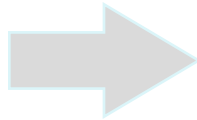
PROPRIETA' FISICHE: LA GRANULOMETRIA - influenza sul peso specifico del calcestruzzo

E' importante ottenere un calcestruzzo con elevato peso specifico, perchè parallelamente al peso specifico aumentano anche le resistenze meccaniche. Se la distribuzione granulometrica è tale che gli aggregati fini riempiono i vuoti fra gli aggregati grossi, si ottiene un calcestruzzo di peso specifico più elevato

GLI AGGREGATI

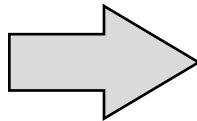
PROPRIETA' FISICHE: LA GRANULOMETRIA - influenza sulla lavorabilità del calcestruzzo

Impasto costituito in
prevalenza da aggregati
grossolani



- modesta scorrevolezza
- scarsa lavorabilità

Impasto preparato
con aggregati molto
ricchi di granuli fini



- elevata richiesta d'acqua

**Un corretto proporzionamento degli aggregati consente di determinare
il minimo quantitativo di acqua richiesto dall'impasto.**

SUPERFICIE SPECIFICA

Area superficiale per unità di massa

dove:

S = superficie [cm²];

m = massa [g] = $r \cdot V$.

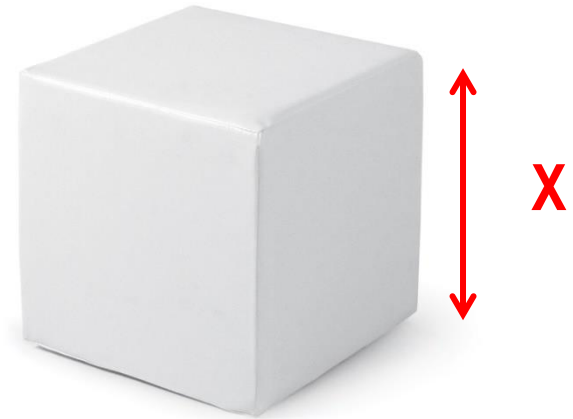
X = lato cubi

S = superficie totale = $6 \cdot X^2$

V = volume = X^3

m = massa = $r \cdot V = r \cdot X^3$

r = densità



SUPERFICIE SPECIFICA =

$$S_{sp} = (6 \cdot X^2) / (r \cdot X^3) = 6 / (r \cdot X)$$

$$S_{sp} = 6/X$$

SUPERFICIE SPECIFICA

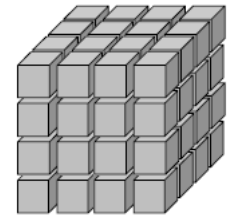
$$S_{sp} = 6 / X$$



$$S_{sp} = 18 / X$$



$$S_{sp} = 24 / X$$



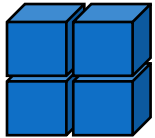
La superficie specifica aumenta al diminuire della dimensione del singolo elemento.

LE CURVE

PROPRIETA' FISICHE: LA POROSITA'

“TEORIA DEL MASSIMO IMPACCAMENTO”

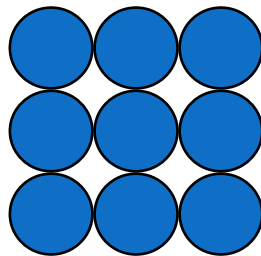
Particelle cubiche monogranulari



Porosità = 0% (puramente teorico)

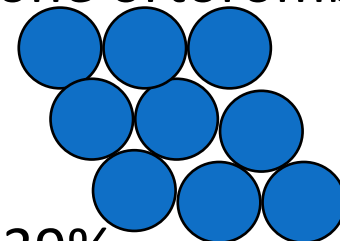
Particelle sferiche monogranulari

Disposizione cubica



Porosità = 47%

Disposizione ortorombica



Porosità = 39%

LE CURVE

Analisi Granulometrica

Per la determinazione della distribuzione granulometrica di un aggregato si ricorre alla separazione mediante setacciatura con stacci di diversa luce di maglia ottenendo i pesi delle singole frazioni granulometriche. Questi, espressi percentualmente rispetto al peso di tutto il campione analizzato, consentono di calcolare il materiale passante a ogni staccio. Riportando in un grafico il materiale passante in funzione dell'apertura (d) del vaglio, si costruisce la cosiddetta "curva granulometrica" del singolo aggregato.

LE CURVE

Distribuzione ideale - Fuller

Per realizzare un conglomerato con la massima densità possibile, cioè con il minor contenuto di vuoti interstiziali tra i singoli granuli, la curva granulometrica del sistema solido (cemento+aggregato) deve seguire l'equazione [1] proposta da Fuller

$$P = 100 (d/D)^{1/2} \quad [1]$$

dove ***P*** è la percentuale di materiale passante allo staccio con apertura ***d***; ***D*** è la massima dimensione ("diametro massimo") dell'elemento lapideo più grosso.

Distribuzione ideale - Bolomey

Bolomey ha suggerito di modificare leggermente la curva granulometrica ottimale introducendo un parametro A che tiene conto anche della lavorabilità richiesta e del tipo di aggregato disponibile (alluvionale o frantumato). L'equazione di Bolomey:

$$P = A + (100 - A) \cdot (d/D)^{1/2} [2]$$

coincide con la **Fuller** se si assume $A = 0$. Il parametro A assume valori crescenti da 8 a 14 se aumenta la lavorabilità del calcestruzzo e se si passa da aggregati alluvionali tondeggianti ad aggregati di frantumazione di forma irregolare

Tipo di aggregati	Valore di A per calcestruzzi con consistenza di:		
	terra umida	plastica	fluida
Alluvionali	8	10	12
Frantumati	10	12	14

Distribuzione ideale - Bolomey

Poiché le equazioni [1] e [2] rappresentano le distribuzioni granulometriche ottimali del sistema aggregato + cemento, esse possono essere riferite al solo aggregato normalizzando i valori di **P** se si conosce la percentuale di cemento (**C**) riferita al peso di tutti i solidi (aggregato + cemento). Le equazioni [3] e [4] rappresentano rispettivamente le curve granulometriche ottimali di Fuller e di Bolomey riferite al solo aggregato:

$$P = \frac{100 \sqrt{\frac{d}{D_{\max}}} - C}{100 - C} 100 [3]$$

$$P = \frac{A + (100 - A) \cdot \sqrt{\frac{d}{D_{\max}}} - C}{100 - C} 100 [4]$$

LE CURVE

La determinazione delle percentuali d'impiego dei singoli aggregati può essere realizzata mediante l'applicazione del:

- metodo grafico:

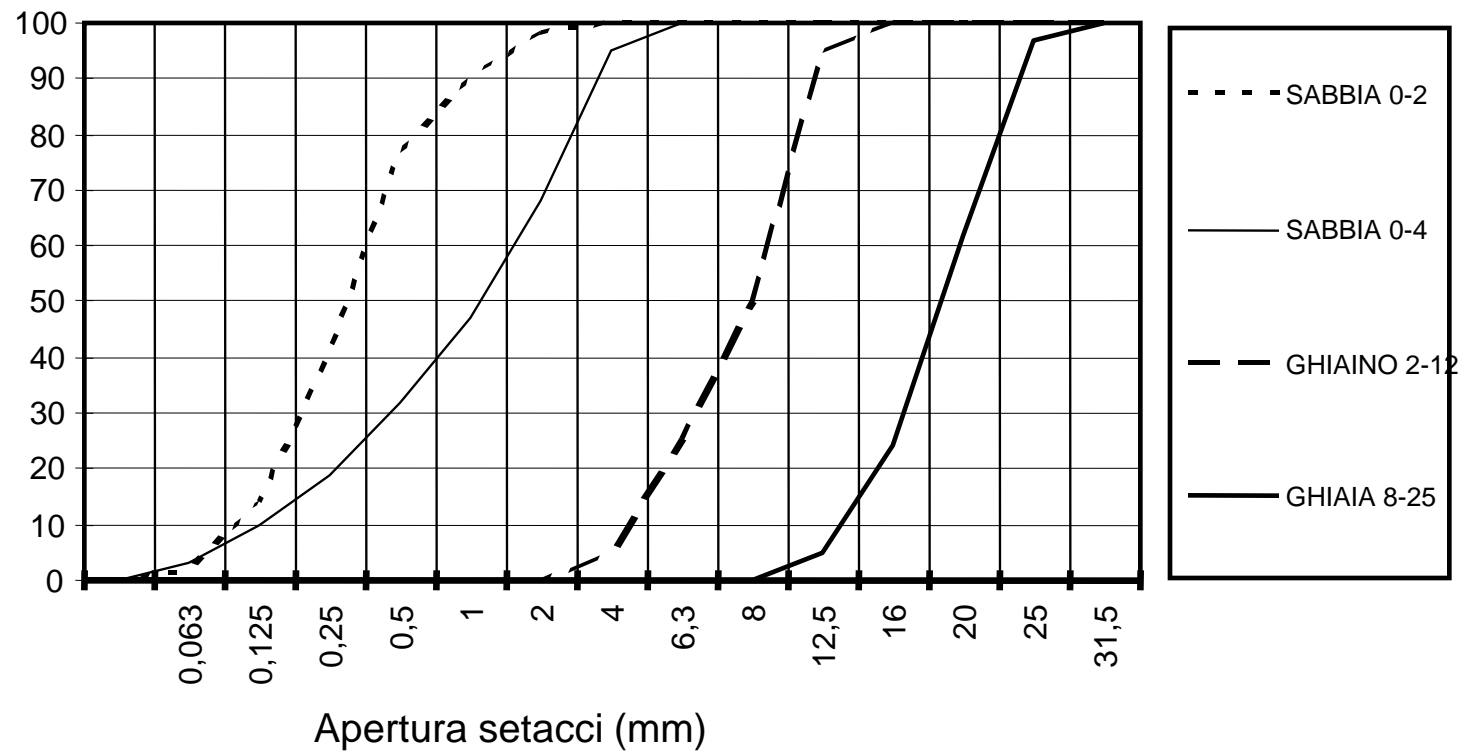
Su uno stesso diagramma vengono riportate, sia le distribuzioni granulometriche degli inerti reali, misurate attraverso la vagliatura, sia la Curva di Fuller di massima compattazione degli aggregati

- metodo informatico:

Le percentuali d'impiego dei singoli aggregati vengono calcolate attraverso un programma informatico mirato ad ottimizzare la curva granulometrica del calcestruzzo

LE CURVE

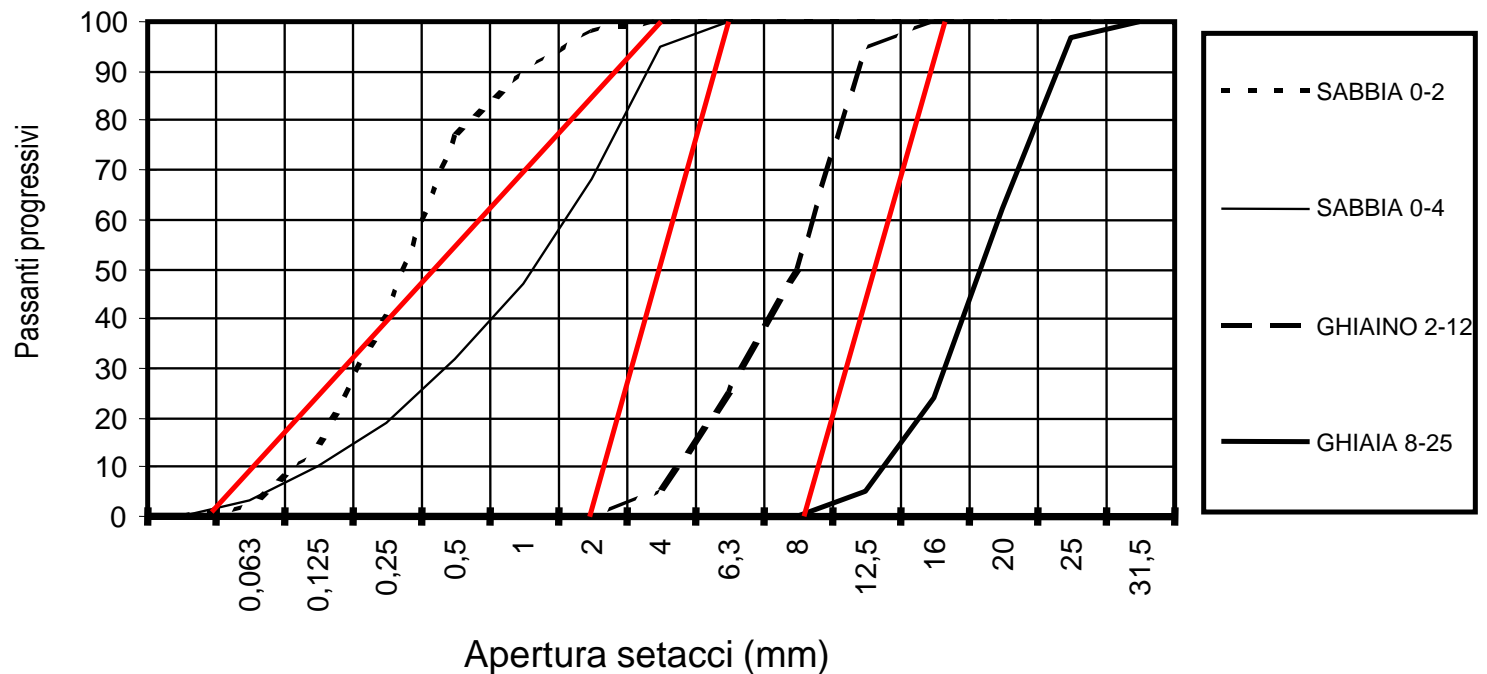
ANALISI GRANULOMETRICA dei singoli aggregati



LE CURVE

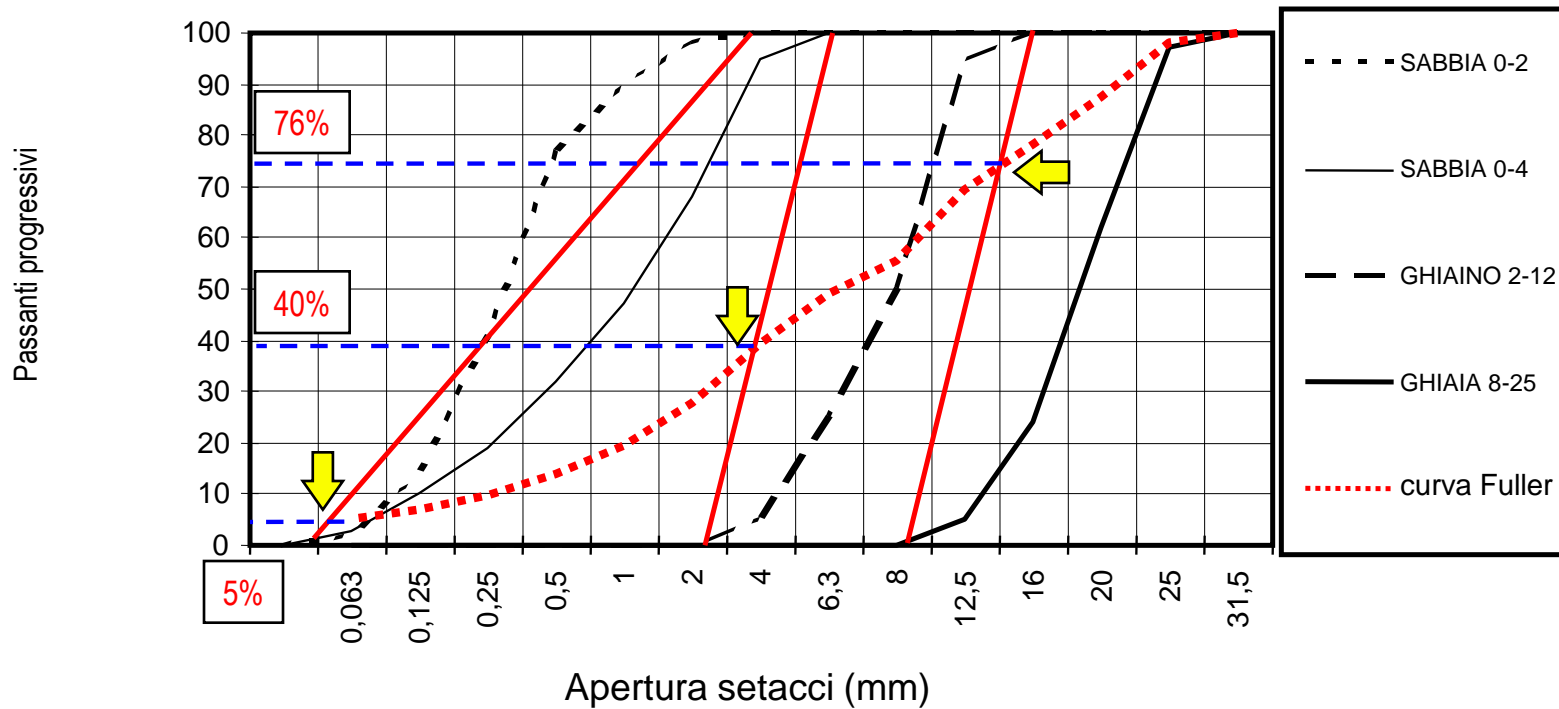
APPLICAZIONE DEL METODO GRAFICO

ANALISI GRANULOMETRICA dei singoli aggregati



LE CURVE

ANALISI GRANULOMETRICA dei singoli aggregati



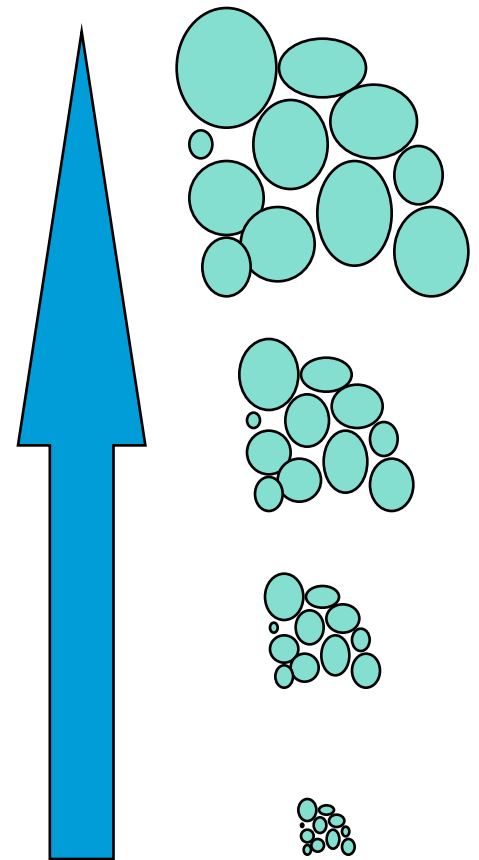
LE CURVE

PROPRIETA' FISICHE: LA GRANULOMETRIA

La somma dei trattenuti cumulativi
diviso 100 è il cosiddetto

“modulo di finezza (MF)”

Il “modulo di finezza (MF)” esprime
la finezza di un aggregato: tanto
più è elevato il suo valore quanto
minore è la finezza di un aggregato



LE CURVE

DESCRIZIONE DELLA FINEZZA DELLE SABBIE

Finezza basata sul passante in % sullo staccio da 0.5 mm

Percentuale del passante in massa		
CP (sabbia grossa)	MP (sabbia media)	FP (sabbia fine)
5 ÷ 45	30 ÷ 70	55 ÷ 100

Finezza basata sul modulo di finezza

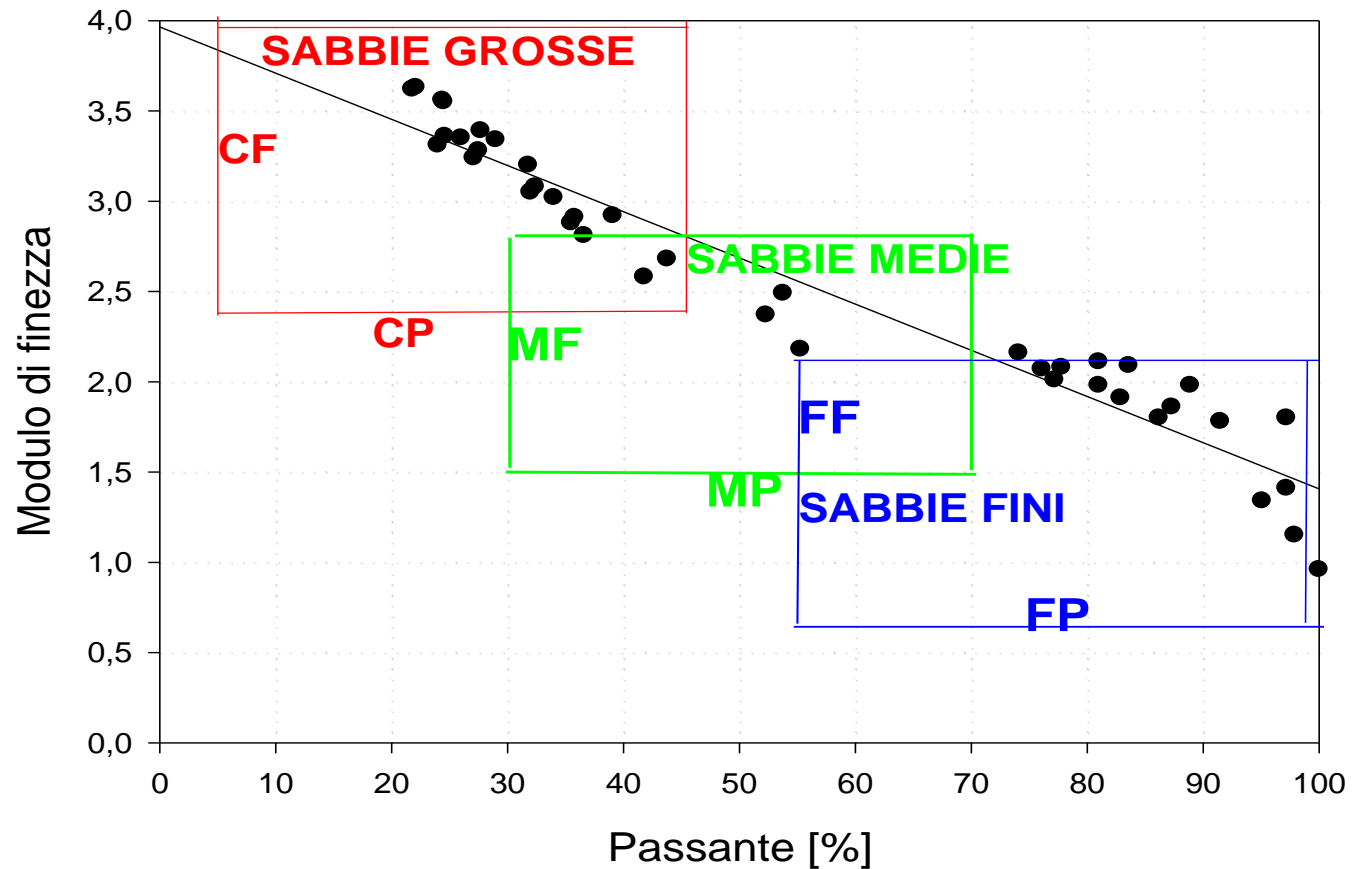
Modulo di finezza		
CF	MF	FF
4.0 ÷ 2.4	2.8 ÷ 1.5	2.1 ÷ 0.6

Il modulo di finezza è la somma delle percentuali cumulative dei trattenuti su una serie di stacci:

$$FM = \frac{\sum [(> 4) + (> 2) + (> 1) + (> 0.5) + (> 0.25) + (> 0.125)]}{100}$$

LE CURVE

RELAZIONE TRA MODULO DI FINEZZA E PASSANTE SU 0.5mm



LE CURVE

GLI AGGREGATI

NON SOLO LA costanza granulometrica MA
ANCHE LA CORRETTA DETERMINAZIONE del
contenuto in umidità sono determinanti per
poter confezionare calcestruzzi di qualità

Dichiarazione di prestazione N. CPR-IT5/0182

1. Codice di identificazione unico del prodotto-tipo: **629: GRANIGLIA MM 4,0/6,0**
2. Numero di tipo, lotto, serie o qualsiasi altro elemento che consenta l'identificazione del prodotto da costruzione ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 4: **Graniglia Umida, cat 4/8 (en12620) cat2/8(EN 13139).**
3. Uso o usi previsti del prodotto da costruzione, conformemente alla relativa specifica tecnica armonizzata, come previsto dal fabbricante:
 Aggregato per utilizzo in:
Calcestruzzo (EN 12620) e Malte (EN 13139)
4. Nome, denominazione commerciale registrata o marchio registrato e indirizzo del fabbricante ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 5: **VAGA S.R.L. - Loc. Sostegno - SP199 - 27010 Costa de Nobili (PV) - Italia - www.vagadilizia.it**
5. Se opportuno, nome e indirizzo del mandataro il cui mandato copre i compiti cui all'articolo 12, paragrafo 2:
Non applicabile
6. Sistema o sistemi di valutazione e verifica della costanza della prestazione del prodotto da costruzione di cui all'allegato V:
Sistema 2+
7. Nel caso di una dichiarazione di prestazione relativa ad un prodotto da costruzione che rientra nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata:
 L'organismo notificato ICMQ S.p.A. N.1305 ha effettuato l'ispezione iniziale dello stabilimento di produzione e del controllo della produzione in fabbrica e la sorveglianza, valutazione e verifica continue del controllo della produzione in fabbrica, secondo il sistema 2+, ed ha rilasciato il certificato di controllo della produzione in fabbrica N. 1305-CPD-0020.
8. Nel caso di una dichiarazione di prestazione relativa ad un prodotto da costruzione per il quale è stata rilasciata una valutazione tecnica europea:
Non applicabile
9. Prestazione dichiarata

CARATTERISTICHE ESSENZIALI	PRESTAZIONI relative a ciascuna SPECIFICA TECNICA ARMONIZZATA	
	EN 12620:2002 +A1:2008	EN 13139:2002 / AC:2004
Forma dei granuli	F115	F17
Granulometria/Dimensione dei granuli	4/8	2/8
Massa volumica dei granuli (Mg/m³)	2,6	2,6
Qualità delle polveri/Contenuto di fini	F1,5	CAT 1
Contenuto di conchiglie	Assenti	Assenti
Resistenza alla frammentazione/frantumazione	LA27	==
Contenuto in cloruri (%)	< 0,01	< 0,01
Contenuto in solfati solubili in acido	AS _{1,2}	AS _{1,2}
Contenuto zolfo totale (%)	< 1	< 1
Contenuto in sostanza unica	Assente	Assente
Absorbimento di acqua	0,9 WA	0,9 WA
Durabilità al gelo disgelo	1,7%	1,7%
Durabilità alla reazione alcali-silice (UNI8520)	Non reattivo	Non reattivo
Materia idrosolubile	==	Assente

10 La prestazione del prodotto di cui ai punti 1 e 2 è conforme alla prestazione dichiarata di cui al punto 9.



Si rilascia la presente dichiarazione di prestazione sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante di cui al punto 4.

Costa de Nobili (PV), 01/07/2013

Firmato a nome e per conto del fabbricante, da:


Enrico Parmini
 Gestore Qualità VAGA

Marcatura CE in accordo al CPR 305/2011 e alla norma:
 EN 12620:2002+A1:2008 - EN 13139:2002 / AC 2004

	 VAGA AGGREGATI + MALTE per EDILIZIA www.vagapedilizia.it	
1305	07	
CPR-IT5/0182		
629: GRANIGLIA MM 4,0/6,0 per utilizzo in: calcestruzzo e malte.		
EN 12620:2002+A1:2008 - EN 13139:2002 / AC 2004		
	EN 12620:2002 +A1:2008	EN 13139:2002 AC 2004
Forma dei granuli	F115	F17
Granulometria/Dimensione dei granuli	4/8	2/8
Massa volumica dei granuli (Mg/m³)	2,6	2,6
Qualità delle polveri/Contenuto di fini	F1,5	CAT 1
Contenuto di conchiglie	Assenti	Assenti
Resistenza alla frammentazione/frantumazione	LA27	==
Resistenza alla levigabilità	NPD	==
Resistenza alla abrasione	NPD	==
Resistenza alla usura	NPD	==
Contenuto in cloruri (%)	< 0,01	< 0,01
Contenuto in solfati solubili in acido	AS _{1,2}	AS _{1,2}
Contenuto zolfo totale (%)	< 1	< 1
Contenuto in sostanza unica	Assente	Assente
Contenuto di carbonato	NPD	==
Ritiro per essiccamento	NPD	==
Stabilità di volume	NPD	==
Absorbimento di acqua	0,9 WA	0,9 WA
Emissione di radioattività	NPD	NPD
Rilascio di metalli pesanti	NPD	NPD
Rilascio di idrocarburi poliaromatici	NPD	NPD
Rilascio di altre sostanze pericolose	NPD	NPD
Durabilità al gelo disgelo	1,7%	1,7%
Durabilità alla reazione alcali-silice (UNI8520)	Non reattivo	Non reattivo
Resistenza all'abrasione di pneumatici chiodati	NPD	==
Cost. che inf.stab.vol. della scoria d'alt.refr. in aria	NPD	==
Materiale idrosolubile	==	Assente

Sostenibilità

GLI AGGREGATI DA RICICLO

NATURA:RICICLATI

Origine del Materiale da riciclo

Costituent e	Descrizione
Rc	Demolizione di calcestruzzo e di prodotti per il calcestruzzo
Ru	Aggregato non legato, pietra naturale, aggregato legato idraulicamente
Rb	Elementi di laterizio per muratura, calcestruzzo aerato non galleggiante
Ra	Materiale bituminoso

Categorie dei costituenti di aggregati grossi riciclati		
Costituente	Contenuto Percentuale in massa	Categoria
Rc	≥ 90 ≥ 80 ≥ 70 ≥ 50 < 50	Rc_{90} Rc_{80} Rc_{70} Rc_{50} $Rc_{Dichiarato}$
	Nessun requisito	Rc_{NR}
Rc + Ru	≥ 95 ≥ 90 ≥ 70 ≥ 50 < 50	Rcu_{95} Rcu_{90} Rcu_{70} Rcu_{50} $Rcu_{Dichiarato}$
	Nessun requisito	Rcu_{NR}
Rb	≤ 10 ≤ 30 ≤ 50 > 50	Rb_{10-} Rb_{30-} Rb_{50-} $Rb_{Dichiarato}$
	Nessun requisito	Rb_{NR}
Ra	≤ 1 ≤ 5 ≤ 10	Ra_{1-} Ra_{5-} Ra_{10-}
X + Rg	$\leq 0,5$ ≤ 1 ≤ 2	$XRg_{0,5-}$ XRg_{1-} XRg_{2-}
	Contenuto cm^3/kg	
FL	$\leq 0,2^{a)}$ ≤ 2 ≤ 5	$FL_{0,2-}$ FL_{2-} FL_{5-}
a) La categoria $\leq 0,2$ è destinata solo ad applicazioni speciali che richiedono alta qualità di finitura superficiale.		

NATURA:RICICLATI

Tipologie di aggregato		Classe di resistenza	% massima di sostituzione												
			Classe di esposizione												
			X0	XC1 XC2 XC3	XC4	XS1	XS2 XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2 XF3 XF4	XA1	XA2	XA3
Tipo A :	Rc ₉₀ , Rc _{u96} , Rb ₁₀₋ , Ra ₁₋ , FL ₂₋ , Rg ₁₋ .	≥C12/15 ≤C20/25	60%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		≤ C30/37	30%	30%	-	-	-	20%	-	-	-	20%	20%	-	-
		≤ C45/55	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Tipologie di aggregato		Classe di resistenza	% massima di sostituzione												
			Classe di esposizione non applicabile												
Tipo A :	Rc ₉₀ , Rc _{u96} , Rb ₁₀₋ , Ra ₁₋ , FL ₂₋ , Rg ₁₋ .	C8/10	≤ 100%												
Tipo B:	Rc ₆₀ , Rc _{u70} , Rb ₃₀₋ , Ra ₆₋ , FL ₂₋ , XRg ₂₋ .														

Rc: calcestruzzo, prodotti di calcestruzzo e malta;
Ru: aggregati non legati, aggregati naturali, aggregati legati con leganti idraulici;
Rb: frammenti di mattoni o tegole in argilla, frammenti di mattoni silicei, frammenti di calcestruzzo aerato non galleggiante;
Ra: materiali bituminosi;
Rg: vetro;
FL: materiale lapideo galleggiante (in volume);
X: altri materiali: coesivi (argilla e terra) ; metalli ferrosi e non ferrosi ;i, gesso,, plastica e gomma, legno non galleggiante .

Limiti consentiti per la UNI 11104

Tipologie di aggregato		Classe di resistenza	% massima di sostituzione												
			Classe di esposizione												
			X0	XC1 XC2 XC3	XC4	XS1	XS2 XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2 XF3 XF4	XA1	XA2	XA3
Tipo A :	RC ₉₀ , RCU ₉₅ , Rb ₁₀₋ , Ra ₁₋ , FL ₂₋ , Rg ₁₋	≥C12/15 ≤C20/25	60%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		≤ C30/37	30%	30%	-	-	-	20%	-	-	-	20%	20%	-	-
		≤ C45/55	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Tipologie di aggregato		Classe di resistenza	% massima di sostituzione												
			Classe di esposizione non applicabile												
Tipo A :	RC ₉₀ , RCU ₉₅ , Rb ₁₀₋ , Ra ₁₋ , FL ₂₋ , Rg ₁₋	C8/10	≤ 100%												
Tipo B:	Rc ₅₀ , Rcu ₇₀ , Rb ₃₀₋ , Ra ₅₋ , FL ₂₋ , XRg ₂₋														

Limiti consentiti per la UNI 11104

prospetto E.2 Percentuale massima di sostituzione di aggregati grossi (% in massa)

Tipo di aggregato riciclato	Classi di sostituzione		
	X0	XC1, XC2	XC3, XC4 XA1, X
Tipo A: (Ra_{90} , Rcu_{95} , Rb_{10} , Ra_1 , FL_2 , XRa_1)	50%	30%	30%
Tipo B ^{b)} : (Ra_{90} , Rcu_{95} , Rb_{10} , Ra_1 , FL_2 , XRa_2)	50%	20%	0%
a) Gli aggregati riciclati di tipo A di origine nota possono essere utilizzati nel calcestruzzo originale con una percentuale di sostituzione b) Gli aggregati riciclati di tipo B non dovrebbero essere utilizzati nel calcestruzzo a compressione > C30/37.			

prospetto E.3 Raccomandazioni per aggregati riciclati grossi secondo la EN 12620

Proprietà *	Punto della EN 12620:2002+A1:2008	Tipo	Categoria secondo la EN 12620
Contenuto di fini	4.6	A + B	Categoria o valore da dichiarare
Indice di appiattimento	4.4	A + B	$\leq F_{150} \text{ o } \leq S_{155}$
Resistenza alla frammentazione	5.2	A + B	$\leq LA_{50} \text{ o } \leq SZ_{52}$
Massa volumica delle particelle essiccate in stufa /m³	5.5	A	$\leq 2\,100 \text{ kg/m}^3$
		B	$\leq 1\,700 \text{ kg/m}^3$
Assorbimento d'acqua	5.5	A + B	Valore da dichiarare
Costituenti ^{b)}	5.8	A	Ra_{90} , Rcu_{95} , Rb_{10} , Ra_1 , FL_2 , XRa_1
		B	Ra_{90} , Rcu_{95} , Rb_{10} , Ra_1 , FL_2 , XRa_2
Contenuto di solfati idrosolubili	6.3.3	A + B	$SS_{0,2}$
Contenuto di ioni cloruro solubili in acido	6.2	A + B	Valore da dichiarare
Influenza sul tempo di inizio presa	6.4.1	A + B	$\leq A_{60}$
a) La categoria NR (nessun requisito) si applica a tutte le altre proprietà non specificate nel presente prospetto per le quali può essere dichiarata una categoria NR secondo la EN 12620.			
b) Per applicazioni particolari che richiedono una finitura superficiale di alta qualità il costituente FL dovrebbe essere limitato alla categoria $FL_{0,2}$.			

Norme Tecniche 2008

Specifica Tecnica Europea armonizzata di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1	Calcestruzzo strutturale	2+

Origine del materiale da riciclo	Classe del calcestruzzo	percentuale di impiego
demolizioni di edifici (macerie)	=C 8/10	fino al 100 %
demolizioni di solo calcestruzzo e c.a.	≤C30/37	≤ 30 %
	≤C20/25	Fino al 60 %
Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati - da qualsiasi classe		
da calcestruzzi >C45/55	≤C45/55	fino al 15%
	Stessa classe del calcestruzzo di origine	fino al 5%

Tab. 11.2.III

Origine del materiale da riciclo	Classe del calcestruzzo	percentuale di impiego
demolizioni di edifici (macerie)	= C 8/10	fino al 100%
demolizioni di solo calcestruzzo e c.a. (frammenti di calcestruzzo ≥ 90%, UNI EN 933-11:2009)	≤ C20/25	fino al 60%
	≤ C30/37	≤ 30%
	≤ C45/55	≤ 20%
Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati - da qualsiasi classe	Classe minore del calcestruzzo di origine	fino al 15%
	Stessa classe del calcestruzzo di origine	fino al 10%

Nuova
Versione
N.T. 2016